



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

**AÇIK MADEN OCAĞININ YAKIN RESİM FOTOGRAMETRİSİ
İLE GEOMETRİK VE SPEKTRAL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FURKAN CAN

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. ÖZGÜN AKÇAY

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

**AÇIK MADEN OCAĞININ YAKIN RESİM FOTOGRAMETRİSİ İLE
GEOMETRİK VE SPEKTRAL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FURKAN CAN

Tez Danışmanı

DOÇ. DR. ÖZGÜN AKÇAY

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FHD-2021-3604

ÇANAKKALE – 2022

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Furkan CAN

27/01/2022

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Özgün AKÇAY ve Arş. Gör. Ahmet Batuhan POLAT, çalışma için açık maden ocağında bilgi iletişim sağladığım Eti Maden Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü Harita Mühendisi Murat Emin POLAT ve Harita Teknikeri Orhan KARA, ocaktaki çalışmalar sırasında bana eşlik eden taşeron firmadaki Harita Mühendisi Mutlu KAYMAZ ve Şantiye Şefi Sefer GÜNAY, bana her türlü kolaylığı sağlayan Balıkesir Üniversitesi Bigadiç Meslek Yüksek Okulu Müdürlüğü ve Mimarlık Şehir Plânlama bölüm başkanım Öğr. Gör. Mutlu YÜCEL, uzakta yaşasalarda çalışma süresince desteklerini her daim arkamda hissettiğim anne ve babam, motivasyon kaynağım olan bir yaşındaki oğlum Akif CAN ve tüm zorlukları benimle göğüsleyen refika-i hayatım değerli eşim Melahat CAN'a sonsuz şükranlarımı sunarım.”

Furkan CAN
Çanakkale, Ocak 2022

ÖZET

AÇIK MADEN OCAĞININ YAKIN RESİM FOTOGRAMETRİSİ İLE GEOMETRİK VE SPEKTRAL ANALİZİ

Furkan CAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Özgün AKÇAY

27/01/2022, 46

Kazı işi, açık maden ocaklarında büyük miktarlarda olduğundan maliyet bakımından önemli bir kalem olarak değerlendirilmelidir. Bu kalemi üstlenen firmalar, hakediş için çeşitli yoğunluklara sahip toprak katmanlarında kazılar gerçekleştirmektedir. Bu çalışmada, yakın resim fotogrametrisi tekniği ile tespit edilmiş bu katmanların yoğunlukları hesaplanmıştır. Fotoğraf çekimi için farklı dalga boyu aralıklarını algılayabilen (görünür, yakın kızıl ötesi ve termal dalga boyları) üç kamera kullanılmıştır. Elde edilen görüntüler eşleştirilmiş ve üç boyutta nokta bulutları, modeller ve ortofotolar oluşturulmuştur. Lokal koordinat sisteminde oluşturulmuş ortofotolar üst üste bindirilmiş ve aynı boyutlara getirilmiştir. Üç ortofotodan elde edilen yedi adet bant ile farklı indeks uygulamaları ve temel bileşen analizi (TBA) gerçekleştirilmiştir. TBA ile elde edilen ortofoto ile beraber toplam dört ortofoto görüntüsünde, madende yer alan farklı birimlerin tespiti için kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve doğrulukları test edilmiştir. Kazı çalışmalarının yapıldığı iki bölgede hacim hesabı için bir kamera ile çekimler gerçekleştirilmiştir. Kayıt altına alınan kamyonların kantar bilgilerinden çekimler arasında kaldırılan hafriyat ağırlığı öğrenilmiştir. Bu ağırlıklar ve alınan numunelerden elde edilen yoğunluklar kullanılarak kazı yapılan birimlerin hacimleri hesaplanmıştır. Bu birimlerin hacimleri, fotoğraf çekiminden elde edilen görüntülerin farklı yazılımlarda işlenmesi ile tekrar hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Hafriyat hakedişi için hesabın hacim üzerinden belirlenmesinin daha doğru olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer taraftan, fotogrametrik yöntemlerin hesaplara dâhil edilmesi daha yüksek doğruluk ortaya koyduğundan ekonomik kaybın azalmasını sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Fotogrametri, Açık Maden İşletmesi, Sınıflandırma, Dijital Görüntü, Hacim Hesabı, Nokta Bulutu



ABSTRACT

GEOMETRIC AND SPECTRAL ANALYSIS OF OPEN-PIT MINING WITH CLOSE RANGE PHOTOGRAMMETRY

Furkan CAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Geographic Information Technologies

Advisor: Assoc. Dr. Özgün AKÇAY

27/01/2022, 46

Excavation work should be considered as an important item in terms of cost, since it is in large quantities in open pits. Firms undertaking this item carry out excavations in soil layers with various densities for progress payment. In this study, the densities of these layers, which were determined by the close-up photogrammetry technique, were calculated. Three cameras capable of detecting different wavelength ranges (visible, near infrared and thermal wavelengths) were used for photographing. Three-dimensional point clouds, models and orthophotos were created by matching the obtained images. Orthophotos created in the local coordinate system were superimposed and brought to the same dimensions. Different index applications and principal component analysis (PCA) were performed with seven bands obtained from three orthophotos. Uncontrolled and controlled classification process was carried out to determine the different units in the mine in a total of four orthophoto images, together with the orthophoto obtained by PCA, and their accuracy was tested. In the two areas where the excavations were carried out, a camera was used to calculate the volume. The weight of the excavation removed between the shots was learned from the weighbridge information of the registered trucks. Using these weights and the densities obtained from the samples taken, the volumes of the excavated units were calculated. The volumes of these units were recalculated and compared by processing the images obtained from the photo shoot in different software. It has been concluded that it is more accurate to determine the calculation over the volume for the excavation progress payment. On the other hand, it has been seen that the inclusion of photogrammetric methods in the calculations provides higher accuracy, thus reducing the economic loss.

Keywords: Photogrammetry, Open-pit Mining, Classification, Digital Image, Volume Calculation, Point Cloud



İÇİNDEKİLER

| | Sayfa No |
|------------------------------|----------|
| JÜRİ ONAY SAYFASI..... | i |
| ETİK BEYAN..... | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| ÖZET | iv |
| ABSTRACT | vi |
| İÇİNDEKİLER | viii |
| SİMGELER ve KISALTMALAR..... | x |
| TABLolar DİZİNİ..... | xi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xii |

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

| | |
|--|---|
| | 1 |
| 1.1. Fotogrametri | 2 |
| 1.1.1. Fotogrametride Veri Toplama Yöntemleri | 3 |
| 1.1.2. Fotogrametride Model Oluşturma | 3 |
| 1.1.3. Ortofoto | 4 |
| 1.2. Elektromanyetik Spektrum ve Kamera Sensörleri | 4 |
| 1.3. Görüntülerin Sınıflandırılması | 5 |
| 1.3.1. Kontrolsüz Sınıflandırma | 5 |
| 1.3.2. Kontrollü Sınıflandırma | 6 |
| 1.4. İndeks | 6 |
| 1.5. Hacim Hesabı | 6 |

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

8

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL YÖNTEM

10

| | |
|---------------------------------|----|
| 3.1. Kullanılan Kameralar | 10 |
| 3.2. Çalışma Alanı | 10 |

| | |
|--|----|
| 3.3. Kayaç Türlerinin Tespiti | 12 |
| 3.3.1. İstikşaf | 13 |
| 3.3.2. Geniş Kadrajlı Görüntülerin Elde Edilmesi | 14 |
| 3.3.3. Ortofotoların Üretimi | 15 |
| 3.3.4. Ortofotoların Sınıflandırılması | 20 |
| 3.3.5. İndeks Üretimi | 21 |
| 3.4. Hacim Tespiti | 22 |
| 3.4.1. Yakın Çekim Görüntülerin Elde Edilmesi | 22 |
| 3.4.2. Üç Boyutlu Modellerin Üretimi | 23 |
| 3.4.3. Yoğunluk Tespiti | 24 |
| 3.4.4. Hacim Hesapları | 25 |

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM 28
ARAŞTIRMA BULGULARI

| | |
|-------------------------------------|----|
| 4.1. Kontrolsüz Sınıflandırma | 28 |
| 4.2. Kontrollü Sınıflandırma | 31 |
| 4.3. İndeks | 34 |
| 4.4. Hacim Hesabı | 36 |

BEŞİNCİ BÖLÜM 38
SONUÇ ve ÖNERİLER

| | |
|--|-----|
| KAYNAKÇA | 41 |
| EKLER | I |
| EK 1. MULTİSPEKTRAL ORTOFOTO RAPORU | I |
| EK 2. TERMAL ORTOFOTO RAPORU | VI |
| EK 3. GÖRÜNÜR RENK UZAYI ORTOFOTO RAPORU | XI |
| ÖZGEÇMİŞ | XVI |

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|----------------|--|
| TCYK | Turuncu-Camgöbeği-Yakın Kızıl Ötesi |
| KYM | Kırmızı-Yeşil-Mavi |
| MP | Megapiksel |
| m ² | Metrekare |
| Kg | Kilogram |
| µm | Mikrometre |
| % | Yüzde oranı |
| b.t. | Bilinmeyen Tarih |
| K.O.H. | Karesel Ortalama Hata |
| QGIS | Quantum Geographic Information Systems |
| TBA | Temel Bileşenler Analizi |
| m ³ | Metreküp |
| YK | Yakın Kızılötesi |
| BI | Bor İndeksi |
| ZTI | Zeolitik Tüf İndeksi |
| MB | Megabyte |
| Ghz | Saat hızı |
| CPU | Merkezî işlem birimi |
| GPU | Grafik işlem birimi |
| KB | Kilobyte |
| mm | Milimetre |
| İHA | İnsansız Hava Aracı |

TABLULAR DİZİNİ

| Tablo No | Tablo Adı | Sayfa No |
|-----------------|--|-----------------|
| Tablo 1 | Fotogrametrik Projenin Özet Değerlendirme Sonuçları | 16 |
| Tablo 2 | Kovaryans Matris | 17 |
| Tablo 3 | Korelasyon Matris | 18 |
| Tablo 4 | Öz Değer Matris | 18 |
| Tablo 5 | Öz Vektör Matris | 19 |
| Tablo 6 | Multispektral Kamera İle Elde Edilen Ortofotonun Kontrolsüz Sınıflandırma Doğruluk Analizi | 28 |
| Tablo 7 | Termal Kamera İle Elde Edilen Ortofotonun Kontrolsüz Sınıflandırma Doğruluk Analizi | 29 |
| Tablo 8 | KYM Kamera İle Elde Edilen Ortofotonun Kontrolsüz Sınıflandırma Doğruluk Analizi | 30 |
| Tablo 9 | TBA İle Elde Edilen Ortofotonun Kontrolsüz Sınıflandırma Doğruluk Analizi | 31 |
| Tablo 10 | KYM Kamera İle Elde Edilen Ortofotonun Kontrollü Sınıflandırma Doğruluk Analizi | 32 |
| Tablo 11 | TBA Kamera İle Elde Edilen Ortofotonun Kontrollü Sınıflandırma Doğruluk Analizi | 33 |
| Tablo 12 | Multispektral Kamera İle Elde Edilen Ortofotonun Kontrollü Sınıflandırma Doğruluk Analizi | 34 |
| Tablo 13 | Termal Bant/Mavi Bant Oranı İle Elde Edilen Görüntünün Bor Doğruluk Analizi | 35 |
| Tablo 14 | YK Bant/Turuncu Bant İle Elde Edilen Görüntünün Zeolitik Tüf Doğruluk Analizi | 36 |
| Tablo 15 | Hacim Raporu | 38 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| Şekil No | Şekil Adı | Sayfa No |
|----------|--|----------|
| Şekil 1 | A) Sonycyber Shot 14MP Kamera | 10 |
| | B) Mapir Survey3 Multispektral 12MP Kamera | |
| | C) Optris PI 450 382 X 288 Piksel Termal Kamera | |
| Şekil 2 | A) Balıkesir İlinin Türkiye Haritasındaki Yeri (Kaynak: Lafsoz.Com) | 11 |
| | B) Bigadiç İlçesinin Balıkesir Üzerindeki Yeri (Kaynak: Wikipedia) | |
| | C) Bigadiç Açık Bor Madeni | |
| Şekil 3 | A) Google Earth Simav Açık Ocağı 3D Görüntüsü | 14 |
| | B) Google Earth Simav Açık Ocağı 2D Kuş Bakışı Görüntüsü | |
| Şekil 4 | Multispektral Kamera İle Elde Edilmiş Ortofoto | 19 |
| Şekil 5 | Termal kamera ile elde edilmiş ortofoto | 19 |
| Şekil 6 | KYM kamera ile elde edilmiş ortofoto | 20 |
| Şekil 7 | TBA ile elde edilmiş ortofoto | 20 |
| Şekil 8 | Lejant | 21 |
| Şekil 9 | Kazı ve kamyonu yükleme | 23 |
| Şekil 10 | Kantar alanı | 23 |
| Şekil 11 | Hassas terazi ve hacim ölçü kabı | 25 |
| Şekil 12 | A) Hacim hesabında kullanılan kil bölgesindeki kazı öncesi yoğun nokta bulutu | 26 |
| | B) Hacim hesabında kullanılan kil bölgesindeki kazı sonrası yoğun nokta bulutu | |
| Şekil 13 | A) Hacim hesabında kullanılan bor bölgesindeki kazı öncesi yoğun nokta bulutu | 27 |
| | B) Hacim hesabında kullanılan bor bölgesindeki kazı sonrası yoğun nokta bulutu | |
| Şekil 14 | Multispektral kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırması | 28 |
| Şekil 15 | Termal kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz | 29 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| | sınıflandırma | |
| Şekil 16 | KYM kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırma | 30 |
| Şekil 17 | TBA ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırması | 30 |
| Şekil 18 | KYM kamera ile elde edilen ortofotonun kontrollü sınıflandırması | 31 |
| Şekil 19 | TBA ile elde edilen ortofotonun kontrollü sınıflandırması | 32 |
| Şekil 20 | Multispektral kamera ile elde edilen ortofotonun kontrollü sınıflandırması | 33 |
| Şekil 21 | Bor indeksi bant oranı renklendirilmiş | 34 |
| Şekil 22 | Zeolitik tuf indeksi bant oranı renklendirilmiş | 35 |
| Şekil 23 | Bor hacim grafiği | 37 |
| Şekil 24 | Kil hacim grafiği | 37 |
| Şekil 25 | Sınıflandırma Doğruluk Oranlarının Histogramı | 39 |

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Ülkemiz madencilik olarak çok zengin ve çeşitli bir altyapıya sahiptir. Bu sebeple maden ocakları ülkemizin kaçınılmaz çalışma alanlarından. Fakat madenleri çıkarmak kolay bir işlem değildir. Çünkü madenler genel olarak dağınık ve başka maddeler ile karışmış haldedir. Bu zorlukların yanında topoğrafik zorluklar da ortaya çıkmaktadır. Fakat fazla derinliği olmayan madenleri çıkarmak için genel olarak açık maden işletmeleri kurulmaktadır. Açık maden işletmelerinde madeni çıkarmak için maden üzerindeki hafriyatı kaldırmak gerekmektedir. Bu hafriyat ve madeni malzeme kendi içinde çok çeşitli olabilmektedir. Bunun için maddeleri birbirinden ayırt etmek gerekir. Çünkü her malzeme farklı şekilde değerlendirilir. Birbirinden çeşitli sebeplerle ayrılan bu maddeler farklı yöntemler ile işlenebilir ya da hiç işlenmesine gerek kalmayabilir.

Açık maden ocaklarında hafriyat ve hafriyat altındaki madeni maddeler çıkarılmaya çalışılmaktadır. Hafriyat firmaları çıkarılan miktara bağlı olarak sözleşmeler bitene kadar ücret almaktadır. Bu yüzden çıkarılan malzemenin miktarı önem arz etmektedir. Her madde farklı yoğunlukta olduğundan ağırlıkları birbirini tutmayacaktır. Buna bağlı olarak maddenin cinsi de çok önem kazanmaktadır. Bu yüzden madeni maddeyi ya da hafriyatı homojen olarak değerlendirmek ve ağırlık hesabından ücret ödemek doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Yarma işinde baz alınması gereken ölçüt ağırlık değil hacim olmalıdır.

Fakat madenlerde genellikle çıkarılan malzemenin ağırlığı hesaplanmaktadır. Çalışma bölgesi girişine kantarlar kurulmakta ve boş kasalı kamyonlar çalışma alanına girmeden burada tartılmaktadır. Sonrasında kamyonlar malzeme yüklü bir halde çalışma alanından çıkmadan tekrar kantara girip tartılmaktadır. Malzeme yüklenmiş kamyon ağırlığından malzeme yüklenmemiş kamyon ağırlığı çıkarılarak kamyonu yüklenip boşaltım alanına götürülen malzemenin ağırlığı, basit bir matematik yöntemle hesaplanmaktadır. Burada edinilen ağırlık değerleri kantar görevlileri tarafından kayıt edilmektedir.

Fakat malzemenin ağırlığı da malzemesine göre değişik yoğunlukta olacağından, standart bir özgül ağırlığa göre yapılan tespitler ekonomik açıdan ya ücret ödeyen ya da ücret ödenen tüzel kişinin zarara uğramasına sebep olmaktadır. Bu sebeple

kamyona yüklenen malzemenin yoğunlukları bilinmeli ve ağırlıkları hesaplandıktan sonra hacimleri de tespit edilmelidir.

Bu çalışmada farklı dalga boylarını algılayabilen çeşitli kameralar ile elde edilen görüntüler, fotogrametrik ve uzaktan algılama yöntemleri ile değerlendirilip yorumlanarak üç boyutlu modeller ve ortofotolar üretilmiştir. Bu ortofotolar sınıflandırılarak açık madendeki kayaç çeşitliliği ortaya çıkarılmış, üç boyutlu modeller kullanılarakta hacim hesapları gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırılmış kayaç türlerinden alınan numuneler değerlendirilerek yoğunlukları hesaplanmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Hafriyat hesabı için fotogrametri ve uzaktan algılama tekniklerinden yararlanılmasının hız ve doğruluk açısından önemi vurgulanmıştır.

1.1. Fotogrametri

Resimler kullanılarak metrik ve metrik olmayan bilgiler elde edilmesini sağlayan bir bilim dalıdır. Fotogrametri ile konum bilgilerini içeren haritalar, topoğrafik haritalar ve ortofoto gibi tematik haritalar üretmek mümkündür. Normal bir haritadan farklı olarak görsel yorumlama ve elektro manyetik enerji değerlendirme imkanlarını da sağlar. Bu elektro manyetik enerji, uzaktan algılama ve dijital görüntü işleme tekniklerini kullanma imkanı sunar. Ayrıca fotogrametri için arazide geçirilen zaman, yersel yöntemlere nazaran çok azdır. Daha çok iş ofis ortamında gerçekleştirildiğinden arazinin hava şartlarından çok az etkilenir ve 7 gün 24 saat çalışma imkanı sunar. Bunların dışında çok büyük alanlar, yersel yöntemlere göre çok daha hızlı ve daha az maliyetle haritalanabilir. Bu sebeplerle fotogrametri, yersel yöntemler yerine tercih edilebilir avantajlı bir yöntemdir.

Fotogrametri resimler üzerinden yapıldığından resim üzerindeki objelerin tamamı üretilen harita üzerinde olmamalıdır. Haritanın hizmet vereceği sektöre göre bu objelerin ne kadarının kullanılacağı tespit edilmelidir. Genelde hareketli objelerin haritalarda olması istenmez. Fakat resim üzerinde bu objelerin bulunması kuvvetle muhtemeldir. Bunun dışında hava şartlarına göre sis, gölge gibi etkenlerde resimlerden elde edilecek bilgileri engelleyebilir. Yersel yöntemlerde ise ölçüm sırasında sadece gerekli bilgiler toplandığından gereksiz bilgileri ayıklama gibi bir işleme taabi tutulmaz.

1.1.1. Fotogrametride Veri Toplama Yöntemleri

Fotogrametri uydudan, havadan ve yersel olmak üzere kamera konumuna göre üç sınıfa ayrılır;

- Uydu Fotogrametrisi

Uydulardan çekilen yeryüzünün fotoğrafları kullanılarak yapılan fotogrametri işlemidir. Çok büyük alanlar için diğer veri elde etme yöntemlerine göre az sayıda resim ile çalışılabilir. Farklı yıllarda aynı bölgenin aynı sensörler ile elde edilen bilgiler sayesinde herhangi bir değişim analizi için çok sık kullanılır (Tunay ve Ateşoğlu, 2008; Akkartal, vd., 2005; Oğuz ve Zengin, 2011; Bıyıklı, 2019).

- Hava Fotogrametrisi

Yerden yüksekte mesafe katetme özelliğine sahip uçak, helikopter ve insansız hava aracı gibi vasıtalara bağlanan kameralar ile yeryüzünden alınan resimler kullanılarak yapılan fotogrametri yöntemidir. Fotogrametrik olarak en sık kullanılan yöntemdir. Buradan elde edilen modeller vasıtasıyla ortofoto üretimi çok yaygın bir uygulamadır (Öztürk, vd., 2017; Yılmaz, vd., 2018).

- Yersel Fotogrametri

Yakın resim fotogrametrisi veya yakın mesafe fotogrametrisi olarak bilinen bu fotogrametri yöntemi çok hassas üç boyutlu model oluşturmak için sıklıkla kullanılır (Mohammed ve Yakar, 2016; Duran, vd., 2017). Genellikle kamera ile modeli oluşturulacak obje arasında en fazla 300 metre bulunur.

1.1.2. Fotogrametride Model Oluşturma

Model oluşturabilmek için gözlerdeki sistem kullanılır. İnsandaki iki göz aynı noktaya doğru odaklandırılır ve oluşan görüntüler beyine gönderilir. Gözlerden gelen iki görüntü, beyinde üst üste bindirilir ve üç boyutlu model oluşturulur. Odak uzaklığının objenin göze olan uzaklığına göre ayarlanması dahil olmak üzere tüm işlemler saniyenin kat kat altında bir sürede gerçekleştirildiğinden insan bakar ve hemen derinlik bilgisine ulaşır. Burada olduğu gibi en az iki farklı noktadan aynı bölgenin resimleri alınıp üst üste bindirilerek derinlik bilgisine ulaşılmaya çalışılır. Bunun için kameranın konumları önem arz etmektedir. Geometrik olarak iki temel resim çekim tekniği uygulanır.

- Şerit geometri resim çekim tekniği ile belli bir güzergah üzerinden alan taranır ve düzgün bir bindirme oranı ayarlanır. Genelde hava fotogrametrisi bu teknik ile gerçekleştirilir.
- Konvergent geometri (serbest) resim çekim tekniği ise daha çok bir obje yada bir yapı üzerinde uygulanır. Objenin etrafında düzenli yada düzensiz kamera konumları saptanır ve tamamının bindirmeli bir şekilde resimlerinin alınması ile tamamlanır. Bu teknik için yakın resim fotogrametrisi ve insansız hava araçları sıklıkla kullanılır (Yakar, vd., 2016; Mahmod ve Yılmaz, 2018; Yiğit ve Ulvi, 2020).

1.1.3. Ortofoto

Oluşan üç boyutlu modelde yükseklikten kaynaklanan resim kayıklıkları giderilerek iki boyutlu tematik bir harita elde edilir. Fotogrametri ile topoğrafik haritaların yanı sıra ortofoto haritaları gibi ürünlerde elde edilmek istenebilir. Çünkü bir çok sektör için yükseklik bilgisi bir ihtiyaç değildir. İki boyuttaki düzgün bir harita çoğu zaman amaçlar doğrultusunda bu sektörlere yeterli hizmeti verebilmektedir. Elektromanyetik spektrumdan yararlanmak içinde ortofoto önemli bir ürün olmuştur (Buch, 2005).

1.2. Elektromanyetik Spektrum ve Kamera Sensörleri

Fotoğraf çekimi için ışık gereklidir. Herhangi bir kaynaktan çıkan ışık bir objeye çarpar ve buradaki etkileşim sonucunda bir kısmı göze yada bir sensöre gelip burada algılanır ve kayıt edilir. Kamera içerisindeki sensör, buradaki yansıyan ışığın dalga boyunu kayıt eder. Her bir dalga boyu değeri farklı renk tonlarına tekabül eder. İnsanın görebildiği kırmızı - mavi renk olarak bilinen 700 - 400 nanometre dalga boyları aralığıdır. Çok büyük dalga boylarına sahip radyo dalga boylarından başlayarak çok küçük dalga boylarına sahip gamma ışınlarına kadar uzanan elektromanyetik spektrum cetvelinin çok küçük bir aralığını algılayabilen insan gözü, çeşitli sensörler kullanarak bu açığı kapatmaya çalışmıştır. Bu sayede dijital resimlerde objelerin ayırt edilebilirliği, gözün ayırt edebilmesine göre kat ve kat artmıştır. Bu sayede farklı sensörler kullanılarak uzaktan algılama ve dijital görüntü işleme teknikleri ile çeşitli sektörlere bir çok farklı bilgi çıkarımı sağlanabilmektedir (Akınar, vd., 2016; Yiğit ve Uysal, 2019; Körez, 2020).

1.3. Görüntülerin Sınıflandırılması

Her obje her dalga boyunu aynı derecede yansıtmayabilir. Objenin kimsayal özelliklerine göre her dalga boyu aralığında farklı yansıma değerleri söz konusudur. Elektromanyetik spektrum içerisinde birçok dalga boyu mevcut olduğundan buradaki farklı yansıma miktarları sayesinde objeleri birbirinden ayırmak mümkün olabilmektedir. Bu ayrımı yapabilmek bazı objeler için çok kolay olabilir. Çünkü görünür dalga boylarında ayırt etmesi diğer dalga boylarına göre daha mümkündür. Örneğin kırmızı renkli bir obje beyazların arasından göz ile dahi ayrılabilir. Gözle görülmeyen veya ayırt edilemeyen objelerin ayrımının yapılması çok daha önem arz etmektedir. Objeler birbirinden ayrılırken her bir objenin ayrı bir sınıfı olur ve buna bağlı olarak matematiksel ortalaması veya çerçevesi olur. Çünkü resimdeki her bir piksel, matematiksel değerler ile ifade edilir. Buda görüntü işleme tekniklerinin istatistiki veriler ve grafikler ile yoğurulması gerektiğini gösterir. Sınıflandırma yapılırken yada yapılmadan önce bir çok dijital görüntü işleme tekniği kullanılabilir. Bunlar sınıflandırmanın daha doğru sonuçlar sağlaması içindir. Sınıflandırma sonucunda oluşan tematik harita üzerindeki sınıfların doğruluğu mutlaka hesaplanmalı ve sınıflandırma doğruluk analizi sonucuna göre kullanılmalıdır. Genellikle iki çeşit sınıflandırma tekniği kullanılır.

1.3.1. Kontrolsüz Sınıflandırma

Görüntünün sınıflandırılabilmesi için tüm piksel değerleri bir grafikte toplanır. Grafikte bazı piksel değerlerinde yoğunluk olduğu için buralarda pik yaptığı görülür ve pik yaptığı sayıda sınıfın oluşması beklenir. Kontrolsüz sınıflandırma işleminde görüntü üzerindeki sınıf sayısı önceden bilinmelidir. Çünkü sınıflandırmaya girdi olarak sınıf sayısını da kullanıcı sağlamalıdır. Girilen sınıf sayısına göre piksel grafiğinde ayrılan piksel grupları bazı iterasyonlara tabi tutulur. Bu iterasyonların ardından bazı pikseller farklı sınıflara transfer olabilir. Bu durumda yeni iterasyon öncesi tekrar sınıf ortalamaları hesaplanır ve tekrar iterasyonlar devam eder. Kullanıcı tanımına göre sınıflardaki ortalama değişikliğinin belli bir sayının altında kalması ya da toplam iterasyon sayısı işlendikten sonra işlem tamamlanır ve sınıflar oluşur. Sınıflar daha sonra kullanıcı isteğine göre isimlendirilip renklendirilebilir (Açıksarı ve Akçay, 2018).

1.3.2. Kontrollü Sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırmaya göre çok daha doğru sonuçlar veren ve buna bağlı olarak kontrolsüz sınıflandırmaya göre daha sık kullanılan kontrollü sınıflandırma işlemi için yine sınıf sayısı bilinmelidir. Burada kullanıcı, girdi olarak her sınıf için ayrı eğitim alanı tanımlamalıdır. Tanımlanan eğitim alanları içerisindeki piksel değerleri ortalaması o sınıfın ortalama değeri olur. Tüm pikseller bu ortalama değerlere göre bir sınıfa atanana kadar işlem devam eder. Renkler ve sınıf adları kullanıcı tarafından tekrar düzenlenir ve doğruluk analizinin ardından sınıflandırma işlemi son bulur (Esetlili ve Kurucu, 2003).

1.4. İndeks

Görüntü içerisindeki bazı objeler farklı dalga boylarında farklı yansıma değerleri vermesinden dolayı farklı sensörlerden elde edilen yansıma değerleri matematiksel işlemlere tâbi tutularak ayırt edici değerlere ulaşılabilmektedir. Matematiksel işlem farklı bantların oranlanması şeklinde olduğunda buna indeks denilir. Genellikle yeşil bitkiler üzerinde kullanılır ve bitki indeksi ismini alır. Mesela dağın arka yüzeyinde kalan bitki örtüsü gölgede kaldığından dağın ön yüzeyindeki aynı bitki örtüsünden farklı yansıma değerleri vermesi durumunda yüksek yansıma değeri veren iki bant oranlanır. Dağın ön ve arka yüzeyindeki bitki örtüleri çok yakın değerler vermesi sonucunda buradaki bitki örtüsünün aynı sınıfa ait olduğu anlaşılabilir.

İndeksler sayesinde sınıflandırma doğruluk oranları arttırılabilmekte ve bazı objeler daha ayırt edilebilir hale gelebilmektedir. Bu sebeple indeksler uzaktan algılama ve dijital görüntü işleme teknikleri arasında fazlasıyla başvurulan bir tekniktir (Yunus ve Polat, 2021; Motohka, vd., 2010).

1.5. Hacim Hesabı

Kübaj hesabı olarak bilinen hacim hesabı genelde kazı ve dolgu işlemlerinde oluşan hafriyat yerdeğişikliğinin miktarını hesaplamak anlamına gelir. Burada yarma ve dolma miktarları genelde metreküp türünden hesaplanır. Hafriyat firmalarının aylık hakedişleri ve anlaşmaları bu hesaba göre yapılır. Hacim hesaplamasının çok farklı yolları vardır. Toprak kütesinin ağırlığı ve yoğunluğu üzerinden hesaplanabileceği gibi kübaj hesabı olarak bilinen doğrudan hacim ölçümünde gerçekleştirilebilir. Yersel teknikler ile gps

ve takeometri cihazları kullanılarak hesaplanabileceği gibi uzaktan algılama teknikleri ile de hesaplanabilir. Buradaki ortak kısım üç boyutlu model oluşturmaktır. Arazinin ilk halinin modeli ve hafriyat yerdeğişikliği sonucundaki halinin modeli üst üste bindirilip iki model arasındaki hacim farkı yine çeşitli metotlar ile hesaplanır (Muammer, vd., 2017).



İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Uzaktan algılama ve fotogrametrik yöntemler kullanılarak görüntülerdeki farklı bilgilerin çıkarımı için çalışmalar uzun süredir yapılmaktadır. Özellikle tarım ve doğal kaynakların tespitinde önemli çalışmalar mevcuttur (Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü 2001). Görüntülerden otomatik bilgi çıkarımı birçok sektörde işlem hızlandırıcı bir gelişme olmuştur (Atmaca 2005). Uyduların sürekli yeryüzünden görüntü almaları, yerleşim alanlarında ve kıyı bölgelerindeki değişimi belirlemek için fırsatlar sunmuştur (Onur 2007). Zamanla sınıflandırma teknikleri geliştirilmiş piksel tabanlı yanında nesne tabanlı sınıflandırma da değerlendirilmeye başlanmıştır (Ersan 2013). Otomatik obje çıkarımı için uydu görüntüleri geniş bir imkân sağladığından çok farklı fonksiyonlar kullanılarak sınıflandırma işlemleri devam etmiştir (Kavzoğlu ve Çölkesen 2010). Çölkesen (2015), yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak benzer spektral özelliklere sahip doğal nesnelerin ayırt edilmesine yönelik bir metodoloji geliştirilmiştir. Akar ve Güngör (2012), Rastgele Orman algoritması kullanılarak çok bantlı görüntülerin sınıflandırılması çalışılmıştır. Gentle AdaBoost, En Çok Benzerlik ve Destek Vektör Makineleri algoritmalarından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Uydular yeryüzünden görüntüler alabildiği için yeraltı bilgilerine doğrudan uydu görüntüleri ile ulaşmak mümkün değildir. Bu yüzden açık maden işletmeleri kapalı maden işletmelerine göre uyduların görüntü alabilmeleri ve üzerinde çalışma yapabilmek için çok daha uygun alanlar olmuştur. Uysal vd. (2017), yaptığı çalışmada açık ocaklı madenlerde uydu görüntüleri kullanılarak bor minerallerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Özellikle açık maden ocaklarının yayılımının ve doğaya olan etkisinin izlenmesi için kullanılan uydu görüntüleri sayesinde çeşitli analizler gerçekleştirme imkânı bulunmaktadır (Tong, vd., 2015; İncekara, vd., 2018; Uça Avcı 2019).

Görüntü elde etme seçeneklerine İHA'nın eklenmesi, fotogrametrik çalışmaları çok hızlandırmış ve daha küçük alanlarda fotogrametrinin kullanılabilirliğini sağlamıştır. İHA ve yersel yöntemler ile elde edilen görüntüler ortak noktalardan eşlenerek yoğun nokta bulutlarının oluşturulması ve üç boyutlu modellerin elde edilmesini sağlamıştır (Ulvi 2020). Kun ve Güler (2019), maden ocağının İHA yardımı ile Sayısal Yükseklik Modelleri

elde edilmiştir. Bu modeller yardımıyla mermer ocağına ait üretim ve verim gibi parametreler belirlenip bu alanda kullanılabilirliği ele alınmıştır.

Elde edilen üç boyutlu modeller ile kazı alanlarındaki değişim takip edilebilmekte ve kübaj hesabı yapılabilmektedir (Erdoğan ve Mutluoğlu 2020). Uygulanan yöntemde kazı alanı, kazı öncesi ve sonrası olarak farklı durumlarda bindirmeli olarak fotoğraflanarak, modellenir ve üç boyutlu model üretilir. Kazı hakedişlerinin en doğru yöntemle hesaplanması için yapılan kazıların hacimlerinin hesaplanması, kübaj hesapları ile mümkün olmaktadır (Oturanç ve Yıldız 2014). Kun ve Özcan (2019), geliştirdiği yöntemde örnek bir maden sahasında gerçekleşen hacim, alan ve kabarma faktörü gibi, özellikle açık işletme madenciliğinde planlama ve hesaplamalarda kullanılan bazı verilerin, İHA kullanımı ile hızlı ve güvenilir bir biçimde elde edilmesini konu almıştır. Kaya vd. (2019), İHA ile Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü'ndeki bir göletin kapasitesini ve barındırdığı su hacmini hesaplamıştır. Başka bir çalışmada Kapadokya'daki kaya blokların hacimleri İHA ve çeşitli yöntemlerle hesaplanıp karşılaştırılmıştır (Ağca, vd., 2020). Yakar ve ekibinin 2009 yılında yaptığı çalışmada ise, özellikle ulaşılması zor bölgelerde yersel fotogrametri ve lazer tarama yöntemleri ile hacim hesabının yapılabileceği ve jeodezik ölçmelere göre kullanılabilir olduğu gösterilmiştir (Yakar, vd., 2009). Lange vd. (2020), çalışmalarında mercan büyüme oranları, fotogrametrik yöntemler ile oluşturdukları modellerin karşılaştırılması ile hesaplanmıştır. Yine hacim hesaplarının farklı yöntemler uygulanarak yapıldığı farklı bir çalışmada, yersel ve fotogrametrik ölçümlerin birbirleriyle tutarlı olduğu ve büyük alanlarda zamandan ve maliyetten tasarruf etmek için kullanılabilirliği gösterilmiştir (Seki, vd., 2017).

Singh vd. (2014) tarafından Agisoft yazılımı ile görüntülerden üç boyutlu şehir modellemesi gerçekleştirilmiştir. Hızlı ve düşük maliyetle hacim hesabı için ticari olan ContextCapture, Metashape ve pix4dmapper programları farklı bir çalışmada karşılaştırılmıştır (Fu, vd., 2021). Ayrıca başka bir çalışmada İHA görüntüleri ile kaya yüzeyinden elde edilen yoğun nokta bulutu Cloud Compare yazılımı ile incelenmiş ve kaya yüzey eğimleri hesaplanabilmiştir (Tung, vd., 2018). Rahaman vd. (2019), çalışmalarında Metashape ve Cloud Compare yazılımları kullanılarak üç boyutlu modeller üretilip ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada da Metashape ve Cloud Compare yazılımları kullanılarak yakın resim fotogrametrisi yöntemi ile hacim hesaplaması kontrol amaçlı kullanılmıştır. İncekara vd.

(2018), çalışmalarında açık maden saha sınırı, görüntülerin sınıflandırma teknikleri ile belirlenmiştir. Fakat madeni malzeme haricindeki kayalar ile ilgilenilmemektedir. Bu çalışmada ve literatürdeki diğer çalışmalarda açık madende bulunan malzemelerin tamamı tespit edilmemiş ve yoğunluklarına bakılmamıştır. Hacimler, ağırlık ve yoğunluk kullanılarak hesaplanmamıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kullanılan Kameralar

Bu çalışma için elde edilen görüntüler arasında daha rahat karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla kullanılan üç kameranın ikisi yakın boyutlarda resim üreten kameralardan tercih edilmiştir. İçeriğinde görünür renk uzayı dalga boyu aralığı olarak bilinen kırmızı, yeşil ve mavi bant sensörleri barındıran SonyCyber Shot 14MP kamera, Turuncu , Camgöbeği ve Yakın Kızıl ötesi olarak tanımlanan dalga boyu aralığını algılayabilen sensörlere sahip Mapir Survey3 TCYK Multispektral 12MP kamera ve malzeme sıcaklığını algılayabilen Optris PI 450 382 x 288 piksel termal kamera kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. A) SonyCyber shot 14MP kamera B) Mapir Survey3 multispektral 12MP kamera C) Optris PI 450 382 x 288 piksel termal kamera

3.2. Çalışma Alanı

Balıkesir'in Bigadiç ilçesinde 1976 yılında Bigadiç bor madenlerinin işletme ve imtiyaz haklarına sahip olmasıyla kurulan Bigadiç Bor İşletmesi, madencilik ve kimya konusunda önemli yatırımlar gerçekleştirerek bor ve bor ürünlerinin gelişimine katkı

sağlamaktadır (Şekil 2). Dünyanın dört bir yanına ihracat gerçekleştirmektedir. Tülü, Acep, Simav ve Kestelek olmak üzere 4 noktada kolemanit ve üleksit mineralleri üretimini gerçekleştirmektedir. Ayrıca, bu ürünlerin ihracatının gerçekleştirilmesinde de etkin bir rol oynamaktadır. 15041142 m² arazi üzerinde kurulu tesislerde yılda 570000 ton öğütülmüş ürün üretilmektedir. Üretilen konsantre kolemanit ve üleksit; ısı, ses yalıtımı, seramik, metalürji, cüruf yapımı, cam ve cam elyafı üretiminde kullanılmaktadır. Öğütülmüş kolemanit ve üleksit ise, tarım ve ilaç sektöründe kullanılmaktadır (Eti Maden, 2019).

Bu çalışma, Simav olarak adlandırılan en büyük yüzölçüme sahip bölgede gerçekleştirilmiştir. Açık maden işletmesinin kapalı madenlere göre kazı miktarı çok daha fazla olması hafriyat maliyetinin çok yüksek olmasına yol açmaktadır. Bölgedeki cevherin çok derinde ve dağınık olması, farklı yoğunluktaki kayaç türlerinde kazı yapılmasını gerektirmektedir. Buradaki maliyet hesabının ağırlığa göre hesaplanması, farklı yoğunluktaki birimlerin farklı süre ve enerji harcanarak çıkarılması sebebiyle çok doğru gözükmemektedir.



A



B



C

Şekil 2. A) Balıkesir ilinin Türkiye haritasındaki yeri (Kaynak: lafsoz.com) B) Bigadiç ilçesinin Balıkesir üzerindeki yeri (Kaynak: Wikipedia) C) Bigadiç Açık Bor Madeni

3.3. Kayaç Türlerinin Tespiti

Madende kazı çalışmalarında cevhere ulaşmak için yapılan kazılarda bazı kayaç türlerine rastlanmıştır. Bu kayaçlardan biri olan zeolitik tüf, zeolit minerali içeren, gözenekli, doğal, volkanik tüflerdir. Zeolit, kelime olarak 'Kaynayan Taş' anlamına gelmektedir. Son yılların önemli hammaddelerinden olan zeolitler kimyasal olarak "sulu alümino silikatlar" olarak bilinmektedir. Zeolitlerin başlıca fiziksel ve kimyasal özellikleri; iyon değişikliği yapabilme adsorpsiyon ve buna bağlı moleküler elek yapısı, silis içeriği, ayrıca tortul zeolitlerde açık renkli olma, hafiflik söz konusudur. Zeolitlerin yapıları boşluklar içermekte olup, bal peteği veya kafes görünümündedir. Genellikle alkali ve toprak alkali metaller olan katyonlar ve su, boşluklarda bulunabilmektedir (Küçükkaya, 2019).

Diğer bir katman olan marn, kil ve kalsiyum karbonattan, değişik oranlarda tabii olarak meydana gelmiş karışımdır. Bir tortul kayaç olan marnların içlerindeki kireç taşı oranı %20 - %60 oranında değişir. Genellikle yeşilimsi renktedir ve asitte köpürürler ("Marn", 2021).

Üçüncü olarak karşılaşılan kayaç türü kireç taşıdır. Kireç taşı genellikle mercan, foraminifera ve yumuşakçalar gibi deniz canlılarının iskelet parçalarından oluşan bir karbonat tortul kayaçtır. Başlıca maddeleri kalsiyum karbonatın farklı kristal formları olan kalsit ve aragonit minerallerdir ("Kireç Taşı", 2021).

Doğada lavların püskürmesi sonucu, çeşitli kayaçlar oluşmaktadır. Kil taşı da çok küçük kil tanelerinin birbirine yapışması ile oluşan tortul taş türlerinden birisidir. Doğal olarak oluşan kil taşları, diyajenez sıkıştırılması ile istenilen büyüklükte taş haline getirilmektedir. Birçok yerde şeyl olarak bilinmektedir. Dünya genelinde, tuğla yapımında kullanılan ilk malzeme olarak bilinmektedir. İnsanlar, yerleşik hayata geçmeye başladıktan sonra, yaşam yerlerini, kil taşı ürünlerini kullanarak yapmaya başlamıştır (Erga Granit Madencilik, b.t.).

Beşinci olarak silttaşı, silt aralığında tane boyutuna sahip, kumtaşından daha ince ve kilttaşlarından daha kaba olan tortul bir kayadır. Silttaşı, kırıntılı bir tortul kayadır. Adından da anlaşılacağı gibi, öncelikle Krumbein phi ölçeğinde 2-62 µm veya 4 ila 8 tane olarak tanımlanan silt boyutlu parçacıklardan oluşur.

Son katman ise bor, atom numarası 5 ve kimyasal sembolü B olan kimyasal elementtir. Bor bir yarı metaldir. Gerek Güneş Sistemi'nde gerek Dünya'nın kabuğunda düşük miktarda bir elementtir. Buna rağmen, doğada rastlanan bileşiklerinin suda çözünürlüğü nedeniyle belli yerlerde yüksek yoğunlukta bulunabilir (Kaynak: vikipedi). Bor mineralleri yapılarında farklı oranlarda bor oksit içeren doğal bileşiklerdir. Doğada 230'dan fazla bor minerali bulunmaktadır. Ticari açıdan en önemli bor mineralleri; Tinkal, Kolemanit, Kernit, Üleksit, Pandermit, Borasit, Szaybelit ve Hidroborasit'tir. Dünya Bor Lideri olan Eti Maden tarafından uluslararası kalite standartlarında yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülen başlıca bor mineralleri ise; Tinkal, Kolemanit ve Üleksit'tir (Eti Maden, 2019).

Açık maden ocağında bulunan farklı yoğunluktaki bu kayaç türlerinin elektromanyetik spektrumun görünür bölge dışında kalan dalga boylarında da görüntü kaydedebilen alıcıları kullanılarak elde edilen görüntüler, fotogrametrik yöntemler uzaktan algılama teknikleri yardımıyla malzeme tespiti ve doğrulukları bu bölümde ortaya konmaktadır.

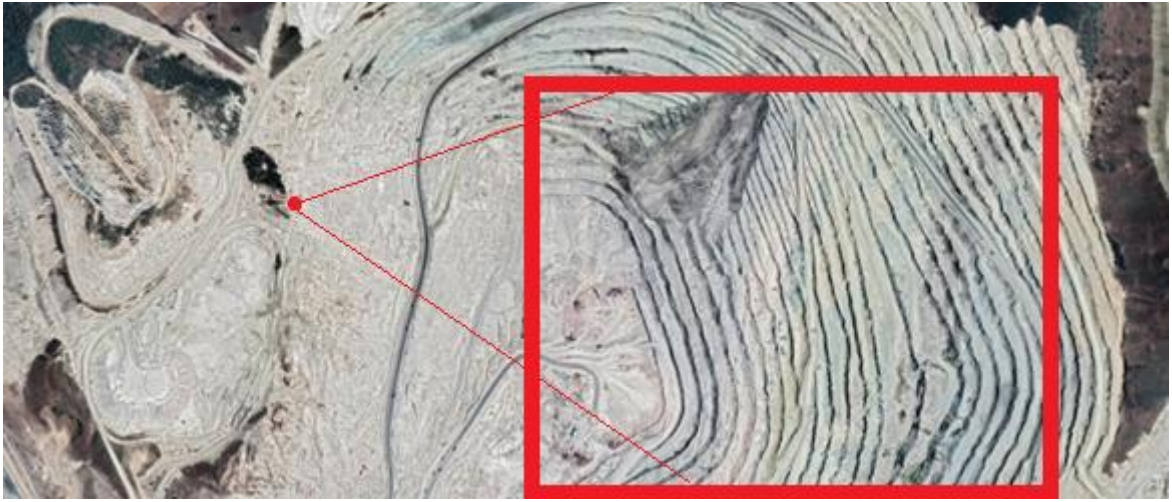
3.3.1. İstikşaf

Ortofotosu üretilecek alan belirlenirken maden ocağındaki tüm kayaç türlerinin açıkta ve bir arada bulunduğu bir bölge olmasına dikkat etmek gerekmektedir (Şekil 3). Üretilen ortofoto içerisinde madendeki tüm kayaç türleri mevcut olabilecektir. Bu sayede dijital olarak tüm kayaç türleri üzerinde işlemler gerçekleştirilebilir.

Ortofoto üretimi için açık maden ocağında yersel fotogrametri kullanılacağından kamera konumu büyük önem arz etmektedir. Çünkü kameranın konumu ile ortofotosu üretilecek bölgenin arasındaki mesafe, kamera kadrajına ne kadarlık bir alanın dahil olabileceğini etkileyen en önemli faktördür.



A



B

Şekil 3. A) Google Earth Simav açık ocağı 3D görüntüsü B) Google Earth Simav açık ocağı 2D kuş bakışı görüntüsü

3.3.2. Geniş Kadrajlı Görüntülerin Elde Edilmesi

İçerisinde birçok kayaç yapısı barındıran açık bor madeni işletmesinde elde edilecek olan ortofotolar ile bu kayaçların belirlenmesi beklenmektedir. Ayrıca ortofoto üretimi için yersel fotogrametri tekniği kullanılması, görüntülenen alanın ve kameranın konumlarının belirlenmesi işleminin önemini fazlaca arttırmaktadır. Her bir kamera için çekilen görüntülerden ayrı bir ortofoto üretildiğinden kameraya bağlı farklı konumlardan görüntülerinin alınması gerekmektedir. Bu sebeple kamera konumu yaklaşık 10 metrelik yatay bir güzergâh üzerinde değişiklik göstermektedir. Üç kamera ile aynı güzergâh üzerinde yer değiştirilerek %80'in üzerinde örtü oranı sağlanacak şekilde aynı bölgenin yaklaşık 17'şer adet fotoğrafları alınmıştır. Mapir Survey3 Kamera ile ortofotosu üretilen

bölgenin görüntüsü alınmadan önce kalibrasyon yapılabilmesi için aynı gün ışığında kalibrasyon plâkasının görüntüsü alınmıştır. Sonrasında ofis ortamında Mapir Kamera Kontrol yazılımı üzerinden Mapir Survey3 Kamera ile alınmış görüntüler kalibrasyon plâkası görüntüsüne göre kalibre edilmiş ve sonuçta çekilen fotoğraf sayısı korunarak sıradaki işlemlere geçilmiştir.

3.3.3. Ortofotoların Üretimi

KYM, TCYK ve Termal kamera ile alınmış görüntüler ayrı ayrı dosyalanmış ve bir ön değerlendirme neticesinde bazı görüntülerin çıkarılmasıyla kameralar için sırasıyla 11, 16, 14 fotoğraf seçilmiştir. Daha sonra bu dosyalar Agisoft Metashape yazılımında 3 farklı model oluşacak şekilde işleme alınmıştır. Model oluşturmak için görüntülerin birbiriyle eşleşmesi gerekmektedir. Bunun için resimlerde bindirmeler yapılmalı ve ortak noktalar belirlenmelidir. Bu noktalar fotogrametride fotogrametrik nirengi olarak adlandırılır. En az iki resimde tanımlanabilen ortak belirgin detay köşeleri noktalandırarak bilinen yer kontrol noktalarının sıklaştırılması sağlanır.

Fotogrametrik nirengileri dengelemek için bir çok yöntem mevcuttur. Bu çalışmada yazılım vasıtasıyla ışın demet blok dengelemesi yapılmaktadır. Bu yöntem tam analitik bir yöntem olup ışın demetlerinin ilgili noktalarda kesiştirilmesi esasına dayanır. Yöntem, bir arazi noktası, alım kamerasının izdüşüm merkezi ve arazi noktasının resimdeki izdüşümünün bir doğru üzerinde bulunduğu modeli, yani merkezi izdüşümün matematik tanımı olan doğrusallık (Colinearity) koşulunu esas alan matematik modele sahiptir. Doğrusallık koşulu ile resimlerin birbirine göre rölatif konumları belirlenmektedir (Özbalımcı, 1995). Görüntülerdeki ortak noktalar birbirleriyle eşleştirilip kameraların çekim konumları ve yönleri belirlenmiştir. Kamera konumlarındaki kaba hatalar elimine edilmiş ve yoğun nokta bulutları oluşturulmuştur. Noktalar oluşturulurken her adım sonrası hatalı noktalar temizlenmeye çalışılmış ve ortaya çıkacak modellerdeki hatalar elemine edilmiştir. Oluşan yoğun nokta bulutlarından aynı yazılım kullanılarak üç boyutlu model oluşturulmuş ve doku giydirilerek gerçekteki renkleri elde edilmiştir. Elde edilen modeller üzerinden KYM, TCYK ve Termal dalga boyları aralıklarını kapsayan 3 farklı ortofoto üretilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1

Fotogrametrik projenin özet değerlendirme sonuçları

| Sensör | Görüntü Sayısı | Bağlantı Noktası | 3B Nokta Sayısı | Ortalama Piksel K.O.H. (Piksel) |
|---------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|--|
| KYM | 11 | 3181 | 26371 | 0.795 |
| TCYK | 16 | 7221 | 41562 | 3.58 |
| Termal | 14 | 487 | 2639 | 0.597 |

Dijital ortofoto, dijital görüntü kullanılarak, fotoğraf çekim anındaki kamera eğikliği ve arazi yükseklik farklarından oluşan hataları gidermek suretiyle yeni bir dijital görüntü elde etme yöntemidir. Sayısal yükseklik modeli oluşturulduktan sonra buradaki XYZ koordinatlarına karşılık gelen gri değerler izdüşüm denklemleri ile bulunur. Bu değerler doğal olarak dijital fotoğrafın piksellerinin merkezleri olmayacaktır. Burada yeni piksel merkezi ve gri değeri için yeniden örnekleme tekniklerinden en yakın komşuluk, bilineer enterpolasyon veya bikübik katlama metotları kullanılır. Bu metotlar için en yaygın kullanılan bilineer enterpolasyon yöntemidir (Karşı, 2020).

Ortofotolar üretilirken lokal koordinat sisteminde farklı görüntülerin kullanılması, oluşan üç ortofotonun boyutlarının, konumlarının ve ölçeklerinin birbirlerinden farklı olmasına sebep olmuştur. Sınıflandırmaların karşılaştırılması ve farklı bant kombinasyonları değerlendirmek amacı ile bu üç ortofotonun ötelenerek ve ölçeklenerek aynı referans sisteminde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple, çekim açıları nedeniyle fotogrametrik görüş alanı en geniş olan TCYK ortofoto referans alınmış ve diğer iki ortofoto ölçeği ve koordinatları QGIS yazılımında coğrafi referanslayıcı modülü kullanılarak yaklaşık 15 ortak noktanın manuel seçilmesi ve bikübik yer örnekleme metodu sonucunda üst üste bindirilmiştir. Ortofotoların büyüklüklerinin farklı olması, özellikle çerçeve kenarlarına gidildikçe ortofotolar arasındaki bindirme oranını düşürmektedir. Bu sebeple bindirme oranının yüksek olduğu kabul edilen orta alan, ortak noktaların konumlarını içine alacak şekilde manuel oluşturulan bir çerçeve, QGIS yazılımı kullanılarak kesilmiştir (Şekil 4 - Şekil 5 - Şekil 6). Kesilen ortofotolar KYM’de üç, TCYK’de üç ve termalde bir bant olmak üzere tekrar düzenlenmiş ve toplamda elde edilen 7 bant arasındaki benzer bilgileri elimine ederek bant sayısını düşürmek için aynı yazılım kullanılarak Temel Bileşen Analizi uygulanmıştır (XIE 2019). TBA’ya girdi olarak kullanılan 7 bantın içerdiği bilgilerin TBA sonucunda korelasyonları giderildiğinde ilk

bantta %78.87'si, ikinci bantta %19.46'sı ve üçüncü bantta %1.14'si olmak üzere toplam %99.48'ini kapsayan 3 bantlı yeni bir görüntü elde edilmiştir (Şekil 7 – Tablo 2 – Tablo 3 – Tablo 4 – Tablo 5).

Tablo 2

Kovaryans matris

| Bant | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 572.16492024 793 16 | 518.02446511 160 83 | 504.67032129 567 13 | 444.07658876 497 266 | 398.54226496 990 117 | 318.08101404 238 937 | 11.590174930 122 796 |
| 2 | 518.02446511 160 83 | 483.44112071 322 17 | 464.96375088 566 92 | 388.99262788 504 984 | 354.19370128 819 537 | 289.85015425 985 95 | 9.6144952662 028 64 |
| 3 | 504.67032129 567 13 | 464.96375088 566 92 | 457.42248009 685 176 | 383.30887119 720 16 | 347.54087356 270 54 | 285.40250274 766 66 | 9.4826051784 449 05 |
| 4 | 444.07658876 497 266 | 388.99262788 504 984 | 383.30887119 720 16 | 939.75694671 479 49 | 868.10231919 796 02 | 710.49115669 789 06 | 17.142082396 523 158 |
| 5 | 398.54226496 990 117 | 354.19370128 819 537 | 347.54087356 270 54 | 868.10231919 796 02 | 827.15682286 058 59 | 688.08194462 266 31 | 15.036041435 369 862 |
| 6 | 318.08101404 238 937 | 289.85015425 985 95 | 285.40250274 766 66 | 710.49115669 789 06 | 688.08194462 266 31 | 606.57452954 927 11 | 10.808114054 663 221 |
| 7 | 11.590174930 122 796 | 9.6144952662 028 64 | 9.4826051784 449 05 | 17.142082396 523 158 | 15.036041435 369 862 | 10.808114054 663 221 | 2.7169047047 862 4 |

Tablo 3

Korelasyon matrisi

| Bant | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 1.0 | 0.9849583430 678 71 | 0.9864802608 756 456 | 0.6056050558 204 368 | 0.5793217617 208 358 | 0.5399270035 116 713 | 0.29396266379 419 667 |
| 2 | 0.98495834306 787 1 | 1.0 | 0.9887546750 808 096 | 0.5771142585 115 23 | 0.5601123022 142 414 | 0.5352536737 684 797 | 0.26528793121 739 04 |
| 3 | 0.98648026087 564 56 | 0.9887546750 808 096 | 1.0 | 0.5846316811 880 309 | 0.5650061929 338 854 | 0.5418223805 271 738 | 0.26898726145 792 74 |
| 4 | 0.60560505582 043 68 | 0.5771142585 115 23 | 0.5846316811 880 309 | 1.0 | 0.9846212760 088 525 | 0.9410415933 679 938 | 0.33924902096 459 71 |
| 5 | 0.57932176172 083 58 | 0.5601123022 142 414 | 0.5650061929 338 854 | 0.9846212760 088 525 | 1.0 | 0.9714135315 889 753 | 0.31717750807 110 03 |
| 6 | 0.53992700351 167 13 | 0.5352536737 684 797 | 0.5418223805 271 738 | 0.9410415933 679 938 | 0.9714135315 889 753 | 1.0 | 0.26623836101 350 26 |
| 7 | 0.29396266379 419 667 | 0.2652879312 173 904 | 0.2689872614 579 274 | 0.3392490209 645 971 | 0.3171775080 711 003 | 0.2662383610 135 026 | 1.0 |

Tablo 4

Öz vektör matrisi

| Bantlar | Vektör-1 | Vektör-2 | Vektör-3 |
|---------|----------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | -0.3520187786183041 | 0.49740480847786867 | 0.16262557299091598 |
| 2 | -0.3179813706610366 | 0.4721248219517129 | -0.12735009621731008 |
| 3 | -0.31114864887975624 | 0.45461577711875295 | -0.1089877641466006 |

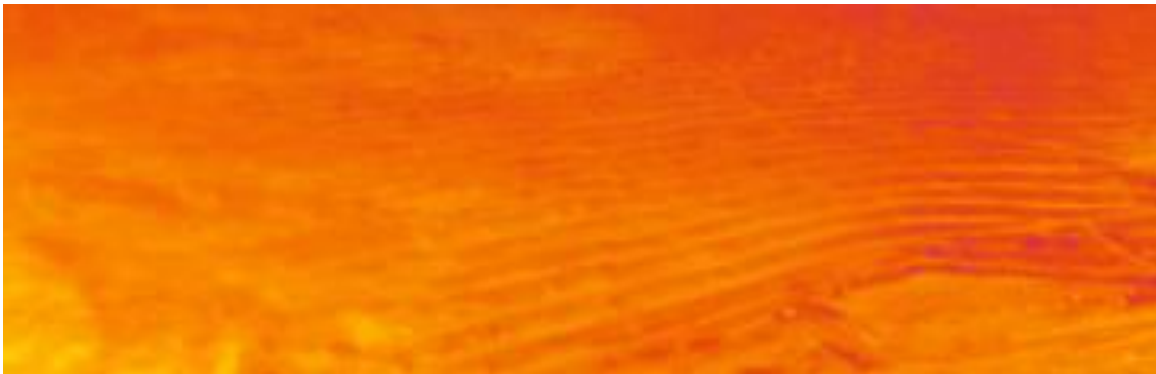
Tablo 5

Öz değer matrisi

| Öz Değer | Hesaplanan Varyans | Kümülatif Varyans |
|--------------------|--------------------|-------------------|
| 3067.3982886664908 | 78.86896251665264 | 78.86896251665264 |
| 756.9526840982891 | 19.46277178598197 | 98.33173430263462 |
| 44.44766678829342 | 1.1428386652072384 | 99.47457296784185 |



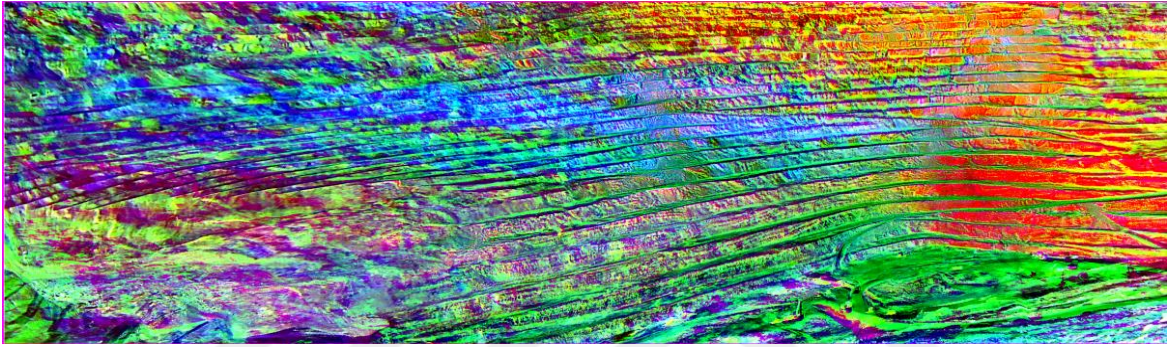
Şekil 4. Multispektral kamera ile elde edilmiş ortofoto



Şekil 5. Termal kamera ile elde edilmiş ortofoto



Şekil 6. KYM kamera ile elde edilmiş ortofoto



Şekil 7. TBA ile elde edilmiş ortofoto

3.3.4. Ortofotoların Sınıflandırılması

TBA ile oluşturulan ortofoto dahil edildiğinde sınıflandırma işlemi için toplam 4 ortofoto kullanılmıştır. İlk olarak bu görüntülere kontrolsüz sınıflandırma işlemi uygulanmış olup sınıf sayısının burada belirtilmesi gerektiğinden ortofotoları kapsamında arazide mevcut olan kayaç türlerinin isim ve konum bilgileri maden işletmesi bilirkişilerinden temin edilmiştir. Yapılan değerlendirmede toplam 6 sınıf belirlenmiş ve Erdas Imagine yazılımı kullanılarak 15 sınıfa ayrılacak şekilde K-ortalamları algoritması ile kontrolsüz sınıflandırma işlemi yapılmıştır (Sinaga and Yang 2020). Kontrolsüz sınıflandırma işleminde girdi olarak istenen sınıf sayısı, dalga boyu birbirine yakın olan farklı sınıfların ayrılabilmesi için belirlenen sınıf sayısından daha fazla girilmeli ve aynı sınıfta yer alması gereken sınıflar daha sonra birleştirilmelidir. 15 sınıfa ayrılan ortofoto, bilirkişi değerlendirmeleri ve arazi görüntüleri referans alınarak, konumlarına göre aynı malzeme olduğu tespit edilenler birleştirilerek 6 sınıfa indirgenmiş ve güncel tematik bir harita üretilmiştir. Sınıf isimleri ve renkleri, kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma dâhil olmak üzere tüm ortofoto sınıflandırmalarının sonucunda arazide yer alan malzemeler için

aynı renkler kullanılmıştır (Şekil 8). Kontrolsüz sınıflandırmalar sonucu üretilen tematik haritaların doğruluk analizleri, otomatik rastgele 40 nokta ataması ile ilgili orijinal ortofotolardan karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir.

| | |
|---|-------------|
|  | Kil Taşı |
|  | Bor |
|  | Marn Taşı |
|  | Zeolit Taşı |
|  | Silt Taşı |
|  | Kireç Taşı |

Şekil 8. Lejant

Sonrasında TCYK, KYM ve TBA olmak üzere üç ortofoto kullanılarak kontrollü sınıflandırma işlemi Erdas Imagine yazılımında kontrolsüz sınıflandırmada elde edilen 6 sınıfın lejantı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Burada her sınıf için orijinal ortofotolardan ayrı ayrı en az 2'şer alan çevrilmiş ve daha önce belirtilen 6 sınıf, yazılıma piksel tabanlı olarak tanıtılmaya çalışılmıştır. Kontrolsüz sınıflandırmada yapılan doğruluk analizi benzer şekilde kontrollü sınıflandırmalar için de gerçekleştirilmiştir.

3.3.5. İndeks Üretimi

Farklı sensörlere sahip 3 kameradan elde edilen ortofoto görüntüleri, ortak lokal koordinat sisteminde referanslandırıldığı için aynı bölgenin kırmızı, yeşil, mavi, turuncu, camgöbeği, yakın kızılötesi ve termal olmak üzere 7 farklı bantı içermektedir. Bu farklı bantlar Qgis yazılımında bant matematiği ile oluşturulan farklı indeksler test edilerek arazide yer alan sınıfların tespiti değerlendirilmiştir. Ayırt edilebilen birimlerin doğruluklarını hesaplamak için kontrolsüz sınıflandırma işlemi sonucu üretilen tematik harita üzerinde otomatik olarak rastgele 15 nokta atanmıştır.

3.4. Hacim Tespiti

Bu bölümde açık madendeki en büyük iş kalemlerinden olan hafriyat kaldırma işinin hakedişinin hesaplanması için hacim yoluna başvurulmuştur. Bu çalışma sırasında açık madende yapılan kazılar, 2 bölgede yoğunlaşmış ve bu yüzden hacim hesabı için bu

iki bölge değerlendirilmiştir. Değerlendirme için fotogrametri yöntemi ve hafriyat ağırlık-yoğunluk bilgilerinden hesaplama yöntemi olmak üzere farklı yollardan ikişer hacim değeri elde edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

3.4.1. Yakın Çekim Görüntülerin Elde Edilmesi

Kil taşı ve bor cevherinin bulunduğu bu iki bölgedeki kazıları gerçekleştiren operatörler ile yapılacak fotoğraf çekimleri için lokal kazılar planlanmıştır. Buna göre fotoğraf çekimi öncesi kazı alanında yer alan dağınık malzeme temizlenmiş ve çekime hazır hale getirilmiştir. Fotoğraf çekimi öncesi kazı aracının çalışmasını engellemeyecek ve aynı zamanda kameranın kadrajına girebilecek bir noktaya jalon yerleştirilmiştir. Hacim hesabına yönelik çekim işlemi için KYM sensörlü kamera ile yakın resim fotogrametrisi gerçekleştirilmiştir. En az 3 görüntüde jalon gözükecek şekilde yüksek bindirme oranları ile çekim konumu her görüntüde değiştirilerek alınmıştır. Çekim tamamlandıktan sonra kazı, düşeylenmiş jalona dokunulmadan gerçekleştirilmiştir. Burada hafriyatın yüklendiği kamyonun numara, plaka ve yüklenme saati daha sonra alınacak kantar bilgileri için bir kayıt edilmiştir. Kil ve bor için sırasıyla 6 ve 4'er kamyon hafriyat, bu kazılarda kaydedilmiş olup kazı bölgesinde bu iki malzemeden yoğunluk hesabı için numuneler alınmıştır. Kazıların ardından fotoğraf çekimleri kazı öncesi yapılan fotoğraf çekim teknikleri kullanılarak tekrar edilmiştir (Şekil 9). İki alanda yapılan bu işlemlerin ardından kantar bölgesinde görevlilerin nezaretinde kaydedilen bilgilerden net ağırlık bilgileri alınmıştır (Şekil 10). Kamyonlar sahaya girmeden evvel kantarlara çıkarılır ve ağırlıkları, kasaları boş iken ölçülüp kaydedilir. Sonrasında hafriyat yüklenmiş olarak sahadan çıkarken tekrar kantara çıkarılır ve bu kez kasası dolu iken ağırlığı ölçülüp kamyon numarası, plakası ve saati bilgileri ile kaydedilir. Kantar sisteminden alınan raporlarda brüt ağırlıklar ve net ağırlıklar hesaplanmış olarak sunulur.



Şekil 9. Kazı ve kamyonu yükleme



Şekil 10. Kantar alanı

3.4.2. Üç Boyutlu Modellerin Üretimi

Model oluşturmak için 2 bölgeden alınmış fotoğraflar ayrı ayrı dosyalanarak Agisoft Metashape yazılımında ortak noktalarından otomatik olarak eşleştirilmiştir. Kamera konumları, bu eşleştirme ile kaydedildikten sonra yoğun nokta bulutu oluşturulmuştur. Bu kısma kadar her işlem adımı sonrasında fazla ve hatalı olan noktalar elimine edilmiştir. Çekim yapılmadan evvel düşeylenen jalonun boyalı kısmı daha önce 25cm ölçülmüş olduğundan boyalı kısmın başı ve sonuna fotogrametrik ölçü noktaları işaretlenmiştir. İşaretlenen bu iki noktanın arasındaki mesafe 25cm girilerek oluşan nokta bulutu ölçeklenmiştir. Jalonun boyasız olan diğer ucuna üçüncü bir fotogrametrik nokta

daha işaretlenerek ölçek kontrolü sağlanmıştır. Sonrasında nokta bulutları Cloud Compare yazılımına aktarılmış ve burada hedef model alanı etrafındaki fazla noktalar temizlenmiştir (Şekil 9 – Şekil 10). Ayrıca yoğun nokta bulutu içerisinde çok yakın bulunan noktalar da filtrelenerek elimine edilmiş ve nokta sayısı azaltılmıştır. Bor ve kil için kazı öncesi ve sonrası olmak üzere 4 model oluşturulmuş olduğundan, işlemler her model için ayrı projeler olarak uygulanmıştır.

3.4.3. Yoğunluk Tespiti

Yoğunluk hesabı için sıvı hacim ölçer kap içerisine bir miktar su konulmuş ve tartılmıştır (Şekil 11). Sonrasında kil taşı ve bor cevheri numuneleri ayrı kaplardaki suyun içerisine bırakılmış ve tamamının batması beklenmiştir. Ardından tekrar tartılmış ve su seviyesindeki değişim ile beraber kayıt edilmiştir. Su seviyesindeki değişim numune hacmini, ağırlıktaki değişim ise numune ağırlığını vermekte olduğundan, kil ve bor numuneleri yoğunluklarının hesabı için kütle/hacim oranı ayrı ayrı hesaplanmış ve kilogram/metreküp birimi elde edilmiştir.



Şekil 11. Hassas terazi ve hacim ölçü kabı

3.4.4. Hacim Hesapları

Kil kazı öncesi ve sonrası nokta bulutları tek pencerede açılarak iki modelde de 6 ortak nokta işaretlenmiş ve üst üste bindirilmiştir (Polat ve Akçay 2021). Burada iki model arasındaki farklılık ortaya çıktığından hacim hesabını etkileyebilecek kısımlar elle seçilerek silinmiş ve arada kalan hacim otomatik olarak hesaplanmıştır (Şekil 12). Aynı işlemler bor içinde gerçekleştirilerek bor kazı hacmi de hesaplanmıştır (Şekil 13) (Wróżyński et al. 2017).

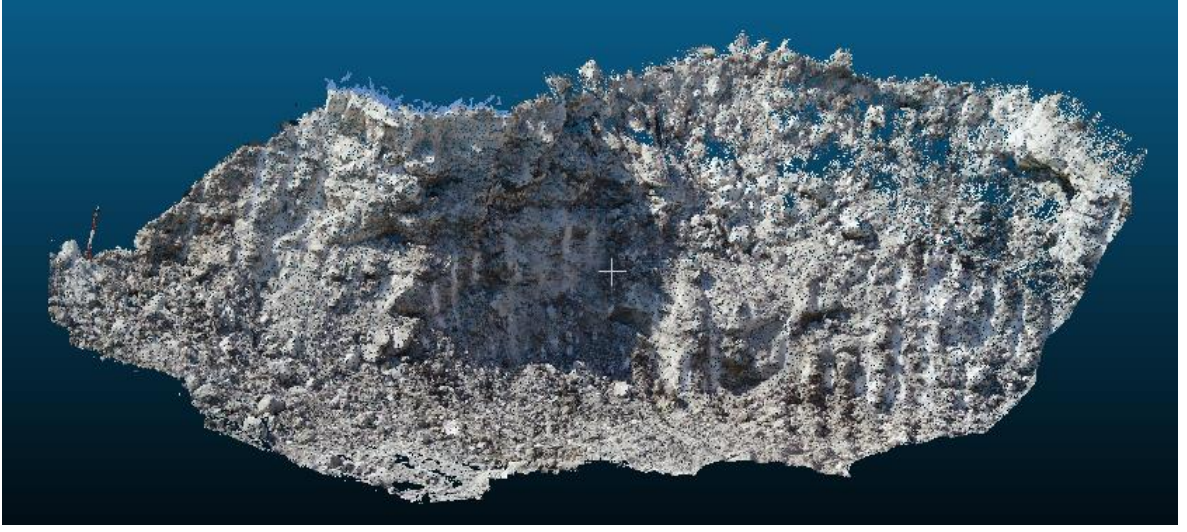


A



B

Şekil 12. A) Hacim hesabında kullanılan kil bölgesindeki kazı öncesi yoğun nokta bulutu
B) Hacim hesabında kullanılan kil bölgesindeki kazı sonrası yoğun nokta bulutu



A



B

Şekil 13. A) Hacim hesabında kullanılan bor bölgesindeki kazı öncesi yoğun nokta bulutu
B) Hacim hesabında kullanılan bor bölgesindeki kazı sonrası yoğun nokta bulutu

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

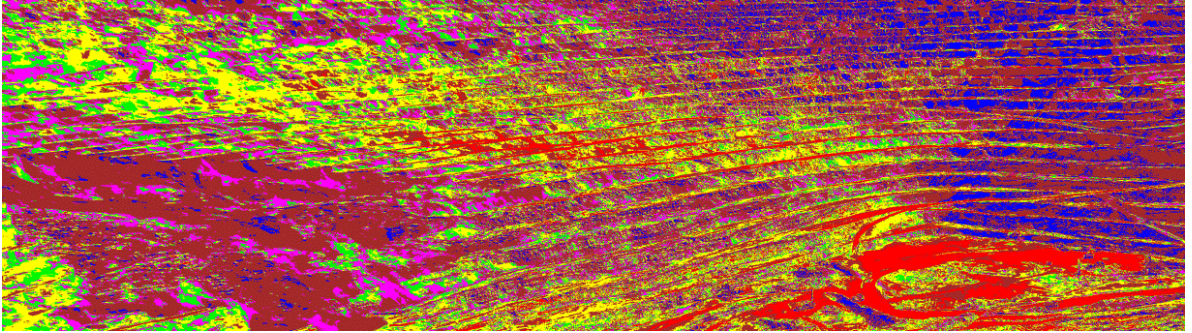
ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde çalışma kapsamında yapılan sınıflandırmalar, doğruluk analizleri, kübaj hesapları, yoğunluk deneyleri ve indeks değerlendirme sonuçları verilmektedir.

4.1. Kontrolsüz sınıflandırma

Dört ortofotonun kontrolsüz sınıflandırması sonucunda oluşan tematik haritalar Erdas Imagine yazılımında doğruluk testine tabi tutulmuştur.

Multispektral kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırılması sonucu 6 renk içeren tematik bir harita üretilmiştir (Şekil 14). Daha sonra bu harita üzerinden doğruluk raporu alınmış ve sınıfların genel doğruluk oranının %50 olduğu görülmüştür (Tablo 6).



Şekil 14. Multispektral kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırması

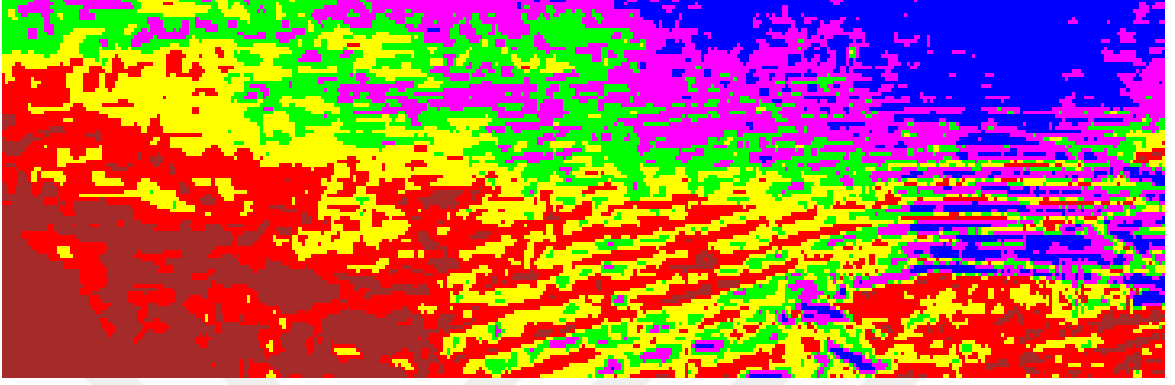
Tablo 6

Multispektral kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırma doğruluk analizi

| Sınıf Adı | Referans Toplamı | Sınıflandırılmış Toplam | Doğru Sayı | Üretici Doğruluğu (%) | Kullanıcı Doğruluğu (%) |
|---------------|------------------|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|
| Marn Taşı | 7 | 6 | 4 | 57.14 | 66.67 |
| Kil Taşı | 13 | 8 | 5 | 50.00 | 71.43 |
| Kireç Taşı | 10 | 7 | 5 | 100.00 | 100.00 |
| Silt Taşı | 3 | 6 | 3 | 100.00 | 50.00 |
| Zeolit Taşı | 5 | 7 | 1 | 20.00 | 14.29 |
| Bor | 2 | 6 | 2 | 10.00 | 33.33 |
| Toplam | 40 | 40 | 20 | | |

Genel Sınıflandırma Doğruluğu (%) = 50.00

Termal kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırılması gerçekleştirilmiş ve tematik bir harita elde edilmiştir (Şekil 15). Yapılan değerlendirmeler sonucunda sınıflandırma doğruluk oranı %52.50 çıkmıştır (Tablo 7).



Şekil 15. Termal kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırma

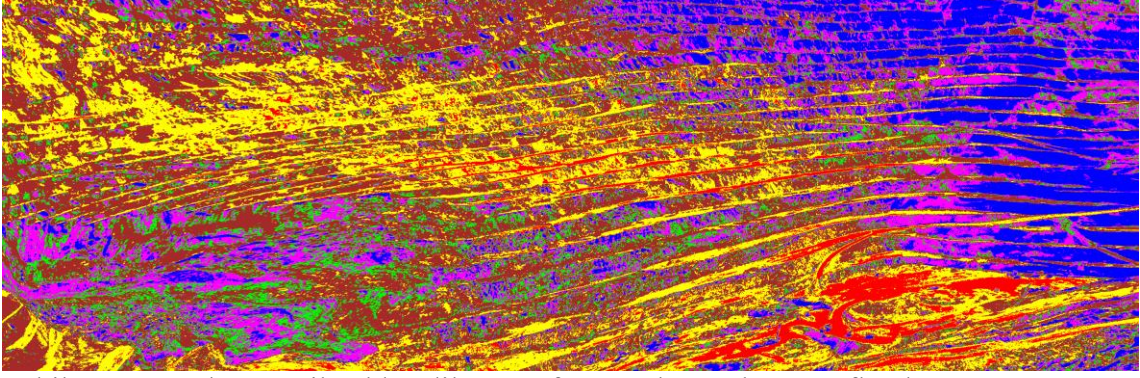
Tablo 7

Termal kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırma doğruluk analizi

| Sınıf Adı | Referans Toplamı | Sınıflandırılmış Toplam | Doğru Sayı | Üretici Doğruluğu (%) | Kullanıcı Doğruluğu (%) |
|--------------------|------------------|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|
| Marn Taşı | 9 | 6 | 6 | 66.67 | 100.00 |
| Kil Taşı | 12 | 6 | 5 | 41.67 | 83.33 |
| Kireç Taşı | 9 | 7 | 3 | 33.33 | 42.86 |
| Silt Taşı | 6 | 7 | 4 | 66.67 | 57.14 |
| Zeolit Taşı | 3 | 7 | 3 | 100.00 | 42.86 |
| Bor | 1 | 7 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| Toplam | 40 | 40 | 21 | | |

Genel Sınıflandırma Doğruluğu (%) = 52.50

KYM kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırma işlemi ile 6 sınıf içeren yeni bir tematik harita üretilmiştir (Şekil 16). Sonrasında bu harita, bir doğruluk analizinden geçirilmiş doğruluk oranı %42.5 çıkmıştır (Tablo 8).



Şekil 16. KYM kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırma

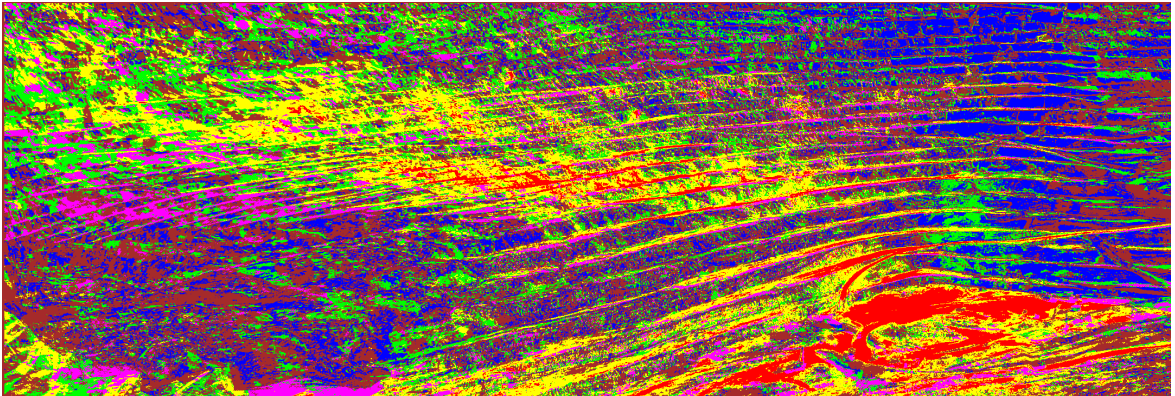
Tablo 8

KYM kamera ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırma doğruluk analizi

| Sınıf Adı | Referans Toplamı | Sınıflandırılmış Toplam | Doğru Sayı | Üretici Doğruluğu (%) | Kullanıcı Doğruluğu (%) |
|--------------------|------------------|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|
| Marn Taşı | 7 | 6 | 3 | 42.86 | 50.00 |
| Kil Taşı | 9 | 8 | 3 | 33.33 | 37.50 |
| Kireç Taşı | 12 | 7 | 6 | 50.00 | 85.71 |
| Silt Taşı | 7 | 6 | 1 | 14.29 | 16.67 |
| Zeolit Taşı | 3 | 7 | 2 | 66.67 | 28.57 |
| Bor | 2 | 6 | 2 | 100.00 | 33.33 |
| Toplam | 40 | 40 | 17 | | |

Genel Sınıflandırma Doğruluğu (%) = 42.50

TBA sonucunda elde edilen ortofoto, diğer üç ortofoda yapıldığı gibi kontrolsüz sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 17). Ardından doğruluk analizi gerçekleştirilmiş ve sonuç %60 hesaplanmıştır (Tablo 9).



Şekil 17. TBA ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırması

Tablo 9

TBA ile elde edilen ortofotonun kontrolsüz sınıflandırma doğruluk analizi

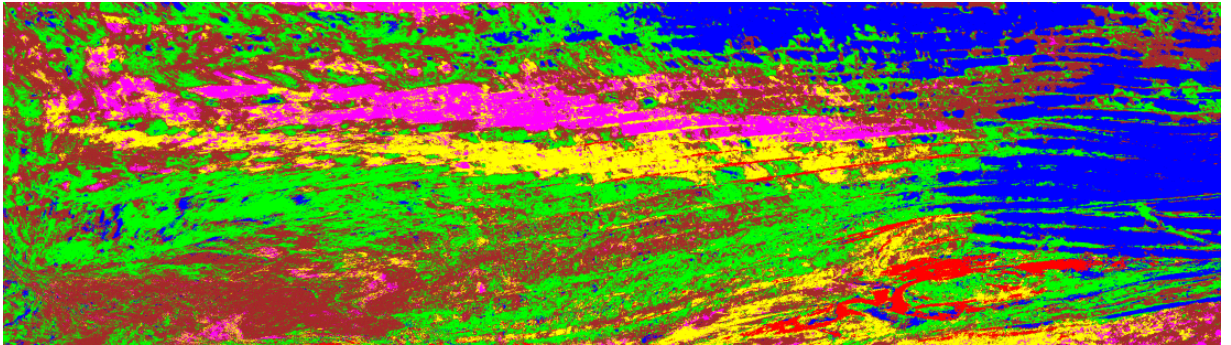
| Sınıf Adı | Referans Toplamı | Sınıflandırılmış Toplam | Doğru Sayı | Üretici Doğruluğu (%) | Kullanıcı Doğruluğu (%) |
|---------------|------------------|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|
| Marn Taşı | 7 | 7 | 4 | 57.14 | 57.14 |
| Kil Taşı | 9 | 8 | 5 | 55.56 | 62.50 |
| Kireç Taşı | 9 | 6 | 4 | 44.44 | 66.67 |
| Silt Taşı | 5 | 7 | 3 | 60.00 | 42.86 |
| Zeolit Taşı | 6 | 6 | 5 | 83.33 | 83.33 |
| Bor | 4 | 6 | 3 | 75.00 | 50.00 |
| Toplam | 40 | 40 | 24 | | |

Genel Sınıflandırma Doğruluğu (%) = 60.00

4.2. Kontrollü sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma işlemleri 4 ortofoto için tamamlandıktan sonra ayrıca kontrollü sınıflandırma işlemi termal kamera ile elde edilen ortofoto hariç diğer 3 ortofoto için gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak KYM dalga boyu aralığını algılayabilen sensörleri içerisinde barındıran kamera ile alınan görüntülerden elde edilen ortofotoya kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 18). Burada oluşan tematik harita üzerinden bir doğruluk analizi gerçekleştirilmiş ve genel doğruluk %72.50 çıkmıştır (Tablo 10).



Şekil 18. KYM kamera ile elde edilen ortofotonun kontrollü sınıflandırması

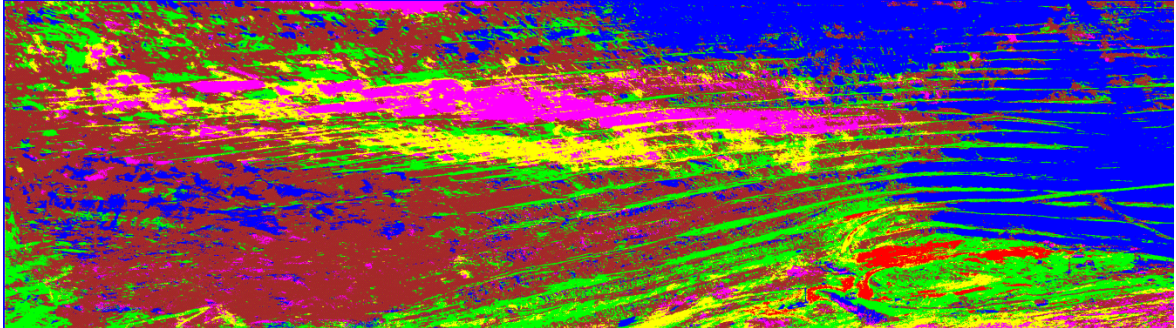
Tablo 10

KYM kamera ile elde edilen ortofotonun kontrollü sınıflandırma doğruluk analizi

| Sınıf Adı | Referans Toplamı | Sınıflandırılmış Toplam | Doğru Sayı | Üretici Doğruluğu (%) | Kullanıcı Doğruluğu (%) |
|--------------------|------------------|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|
| Marn Taşı | 7 | 7 | 6 | 85.71 | 85.71 |
| Kil Taşı | 11 | 16 | 10 | 90.91 | 87.50 |
| Kireç Taşı | 7 | 2 | 2 | 28.57 | 100.00 |
| Silt Taşı | 8 | 8 | 7 | 87.50 | 87.50 |
| Zeolit Taşı | 4 | 3 | 2 | 50.00 | 66.67 |
| Bor | 3 | 4 | 2 | 50.00 | 66.67 |
| Toplam | 40 | 40 | 29 | | |

Genel Sınıflandırma Doğruluğu (%) = 72.50

Diğer elde edilmiş ortofotolardan TBA ortofoto üzerinde kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve doğruluk analizi sonucunda genel doğrulukta %80'e ulaşılmıştır (Şekil 19 – Tablo 11).



Şekil 19. TBA ile elde edilen ortofotonun kontrollü sınıflandırması

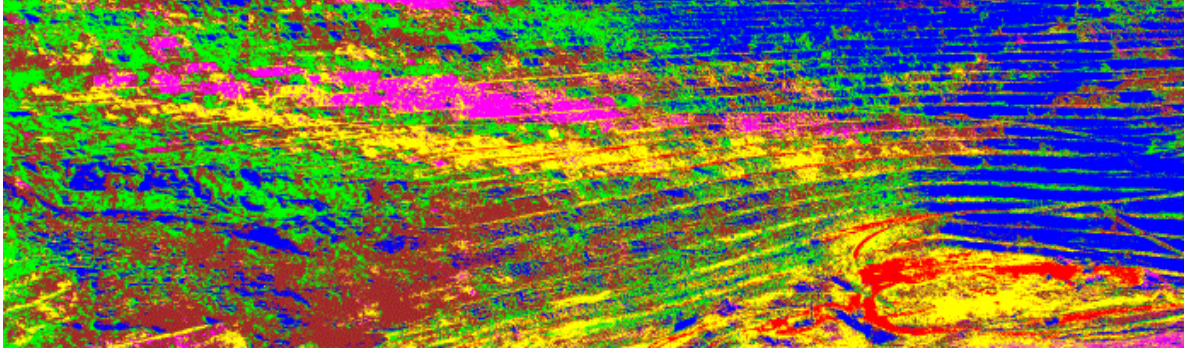
Tablo 11

TBA ile elde edilen ortofotonun kontrollü sınıflandırma doğruluk analizi

| Sınıf Adı | Referans Toplamı | Sınıflandırılmış Toplam | Doğru Sayı | Üretici Doğruluğu (%) | Kullanıcı Doğruluğu (%) |
|--------------------|------------------|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|
| Marn Taşı | 7 | 7 | 7 | 100.00 | 100.00 |
| Kil Taşı | 8 | 8 | 7 | 87.50 | 87.50 |
| Kireç Taşı | 7 | 6 | 4 | 57.14 | 66.67 |
| Silt Taşı | 3 | 7 | 3 | 100.00 | 42.86 |
| Zeolit Taşı | 8 | 6 | 6 | 75.00 | 100.00 |
| Bor | 7 | 6 | 5 | 71.43 | 83.33 |
| Toplam | 40 | 40 | 32 | | |

Genel Sınıflandırma Doğruluğu (%) = 80.00

Son kontrollü sınıflandırma işlemi, TCYK dalga boyu aralığındaki sensörleri barındıran kameradan çekilmiş fotoğraflardan elde edilen ortofoto üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 20). Buradan elde edilen tematik haritanın sınıflandırmadaki doğruluk oranı %77.50 bulunmuştur (Tablo 12).



Şekil 20. Multispektral kamera ile elde edilen ortofotonun kontrollü sınıflandırması

Tablo 12

Multispektral kamera ile elde edilen ortofotonun kontrollü sınıflandırma doğruluk analizi

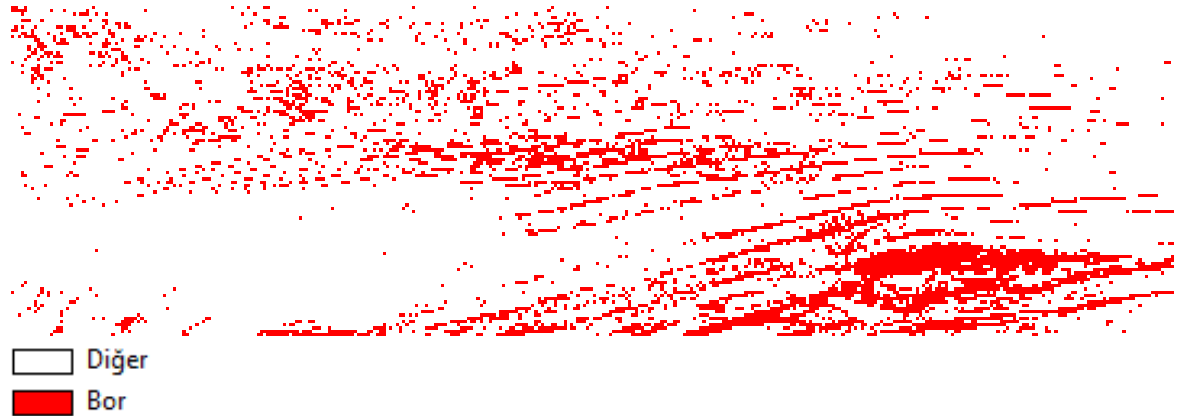
| Sınıf Adı | Referans Toplamı | Sınıflandırılmış Toplam | Doğru Sayı | Üretici Doğruluğu (%) | Kullanıcı Doğruluğu (%) |
|---------------|------------------|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|
| Marn Taşı | 6 | 8 | 6 | 100.00 | 75.00 |
| Kil Taşı | 13 | 15 | 11 | 84.62 | 73.33 |
| Kireç Taşı | 9 | 6 | 6 | 66.67 | 100.00 |
| Silt Taşı | 4 | 5 | 3 | 75.00 | 60.00 |
| Zeolit Taşı | 4 | 1 | 1 | 25.00 | 100.00 |
| Bor | 4 | 5 | 4 | 100.00 | 80.00 |
| Toplam | 40 | 40 | 31 | | |

Genel Sınıflandırma Doğruluğu (%) = 77.50

4.3. İndeks

Yapılan indeks çalışması neticesinde, denklem (4.3.1) ile ortaya çıkan piksel değerleri, bor cevherini ayırt edilir şekilde ortaya çıkardığı tespit edilmiştir. Boru belirgin şekilde ortaya çıkararak BI, sonuçta bor ve diğer birimler olmak üzere iki sınıfa ayrılacak biçimde kontrolsüz sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve daha önceki sınıf rengi burada da kullanılmıştır (Şekil 21). Elde edilen tematik haritadaki bor sınıfının tespitinde %80 doğruluk hesaplanmıştır (Tablo 13).

$$BI = \frac{\text{Termal Bant}}{\text{Mavi Bant}} \quad (4.3.1)$$



Şekil 21. Bor indeksi bant oranı renklendirilmiş

Tablo 13

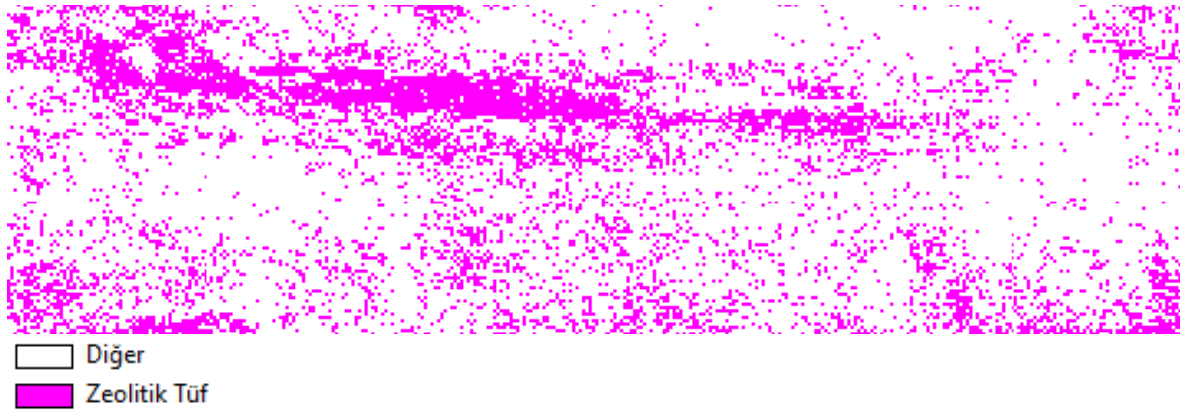
Termal bant/mavi bant oranı ile elde edilen görüntünün bor doğruluk analizi

| Sınıf Adı | Referans Toplamı | Sınıflandırılmış Toplam | Doğru Sayı | Üretici Doğruluğu (%) | Kullanıcı Doğruluğu (%) |
|---------------|------------------|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|
| Diğer | 12 | 9 | 9 | 75.00 | 100.00 |
| Bor | 3 | 6 | 3 | 100.00 | 50.00 |
| Toplam | 15 | 15 | 12 | | |

Genel Sınıflandırma Doğruluğu (%) = 80.00

Çalışmada diğer bir indeks formülü olarak, denklem (4.3.2) ile elde edilen bandın piksel değerlerinde gözle görülür bir malzeme ayrımı yapılabildiği belirlenmiştir. Bu malzeme orijinal ortofoto ile karşılaştırıldığında zeolit taşı olduğu belirlenmiş ve kontrolsüz sınıflandırma sonucu tematik haritası üretilmiştir(Şekil 22). ZTI olarak adlandırılan bu indeks ile zeolitik tüfü ortaya çıkaran haritanın doğruluğu %86.67 hesaplandığı görülmüştür(Tablo 14).

$$ZTI = \frac{\text{Yakın Kızıl Ötesi Bant}}{\text{Turuncu Bant}} \quad (4.3.2)$$



Şekil 22. Zeolitik tüf indeksi bant oranı renklendirilmiş

Tablo 14

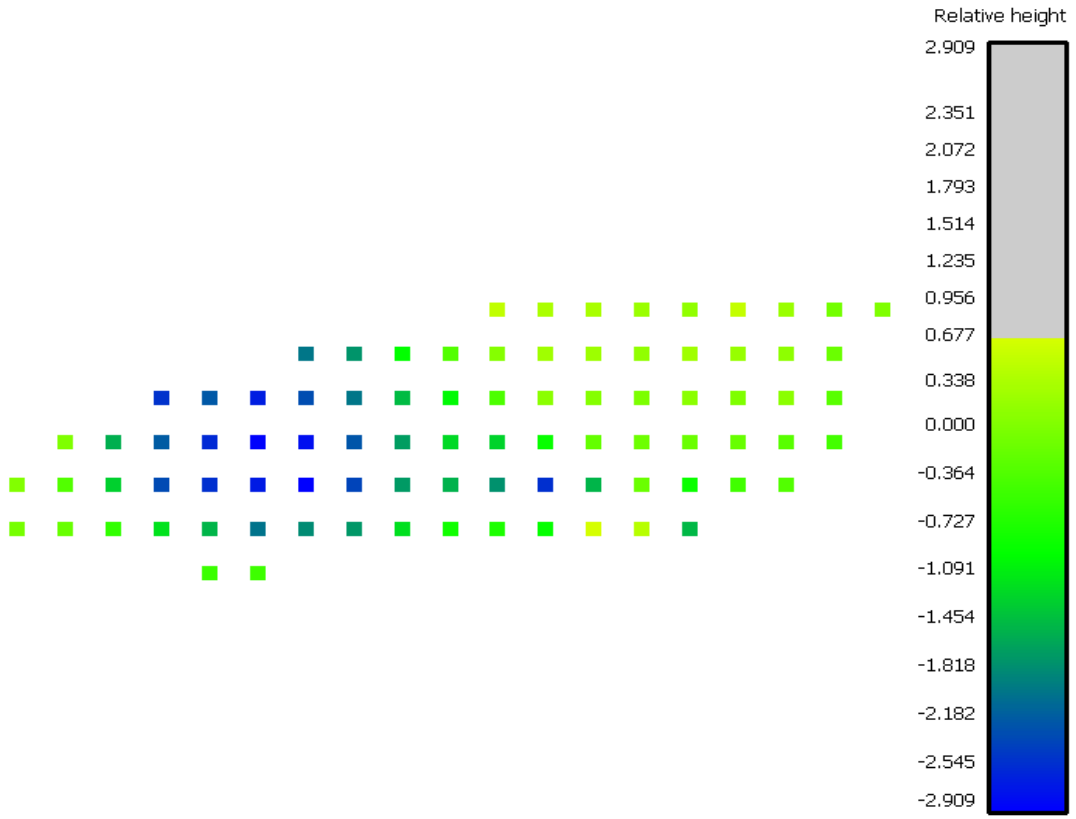
YK bant/turuncu bant ile elde edilen görüntünün zeolitik tuf doğruluk analizi

| Sınıf Adı | Referans Toplamı | Sınıflandırılmış Toplam | Doğru Sayı | Üretici Doğruluğu (%) | Kullanıcı Doğruluğu (%) |
|---------------------|------------------|-------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|
| Diğer | 9 | 9 | 8 | 88.89 | 88.89 |
| Zeolitik Tuf | 3 | 6 | 3 | 83.33 | 83.33 |
| Toplam | 15 | 15 | 13 | | |

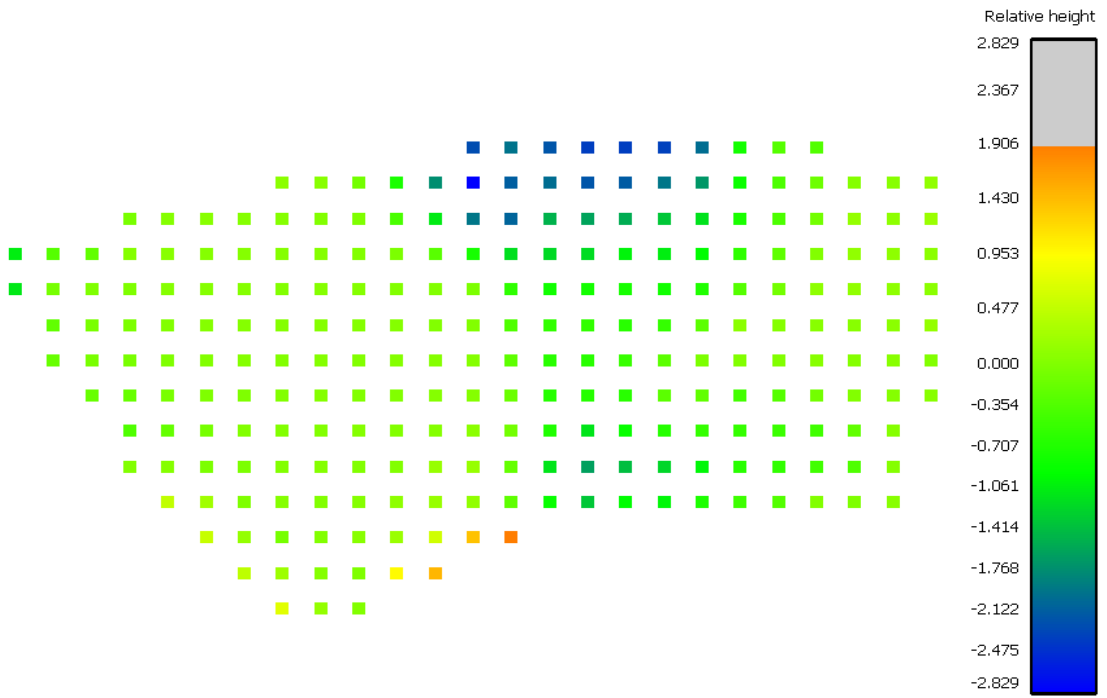
Genel Sınıflandırma Doğruluğu (%) = 86.67

4. 4 Hacim Hesabı

Kantarda gerçekleşen ağırlık ölçme verilerine göre iki fotoğraf çekimi arasında kazılan net malzeme ağırlıkları 113750 kg bor cevheri ve 210350 kg kil toprağı şeklindedir. Laboratuvar ortamında hesaplanan yoğunluklar ise bor için 1250 kg/m³, kil için 2000 kg/m³ şeklindedir. Bu verilerden birimlerin hacimlerine ulaşmak için ağırlık/yoğunluk formülü kullanılmış ve sonucunda bor için 91 m³, kil için 105,175 m³ hesaplanmıştır. Yakın resim fotogrametrisi yöntemi ile Cloud Compare yazılımı kullanılarak elde edilen hacimler ise bor için 81,338 m³, kil için 95 m³ şeklindedir (Şekil 23 – Şekil 24). Fotogrametrik hacim sonucu elde edilen rapor Tablo 15’te gösterilmiştir.



Şekil 23. Bor hacim grafiği



Şekil 24. Kil hacim grafiği

Tablo 15

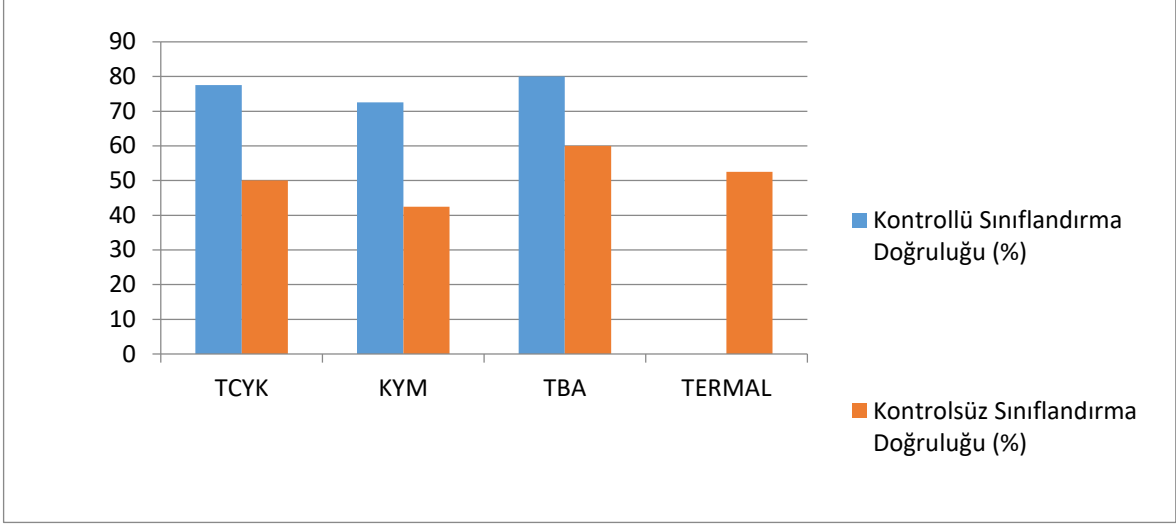
Hacim raporu

| Malzeme Cinsi | Hacim (m ³) | Yüzey (m ²) | Dolgu Hacmi (m ³) | Yarma Hacmi (m ³) | Eşleşen Hücreler (%) | Eşleşmeyen Hücreler (%) | | Hücre Başına Ortalama Komşu Sayısı |
|------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------|--|
| | | | | | | Zemin | Tavan | |
| Bor | -76.221 | 87.000 | 5.117 | 81.338 | 87.9 | 7.1 | 5.1 | 6.9 / 8.0 |
| Kil | -78.643 | 251.000 | 16.742 | 95.385 | 86.3 | 3.8 | 10.0 | 7.2 / 8.0 |

BEŞİNCİ BÖLÜM SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilmiş 4 ortofotoya kontrolsüz sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiş ve doğruluk analizlerinde %42.5'a varan düşük oranlar ortaya çıkmıştır. KYM kamera ile elde edilen ortofotonun sınıflandırma doğruluk oranı, kontrolsüz sınıflandırma doğruluk oranlarına göre en düşük olanıdır. En yüksek doğruluk, TBA ile elde edilen ortofotodan hesaplanan %60 oranıdır. Burada kontrolsüz sınıflandırmaya girdi için gerekli olan sınıf sayısı artırılarak, çıktı olarak alınan bu 15 sınıf konuma göre tekrar birleştirilip 6 sınıfa indirildiğinde doğruluk oranının belirli miktarda artabildiği görülmüştür.

Yapılan kontrollü sınıflandırma sonucu ortaya çıkan en düşük oran, %72.5 ile KYM sensörlerine sahip kameradan elde edilen ortofotonun sınıflandırması olduğu anlaşılmıştır. En yüksek doğruluk ise TBA sonucu elde edilen ortofotonun kontrollü sınıflandırılması ile ortaya çıkan tematik haritanın %80 doğruluk oranıdır (Şekil 25).



Şekil 25. Sınıflandırma Doğruluk Oranlarının Histogramı

Hem kontrollü hem de kontrolsüz sınıflandırmada TBA sonucu elde edilen ortofotonun sınıflandırma doğruluk oranının diğer ortofotoların sınıflandırma doğruluk oranlarına göre daha yüksek çıkması, açık maden ocağındaki 6 çeşit katmanın tespiti için 3 kameradan alınan bilgilerin tamamının kullanılmasının sınıflandırma sonucuna pozitif yönde etki ettiği anlaşılmıştır.

3 ortofotoya uygulanan kontrollü sınıflandırma ve kontrolsüz sınıflandırma sonuçları karşılaştırıldığında kontrollü sınıflandırma sonuçlarının çok daha yüksek doğruluk oranlarına ulaştığı görülmüştür. Bu sonuç ile açık madende kontrollü sınıflandırmanın kontrolsüz sınıflandırmaya göre çok daha efektif bir sınıflandırma yöntemi olduğu anlaşılmıştır.

Bor indeksi kullanıldığında %80 doğruluk ortaya çıkmış olup TBA ortofotosundan elde edilmiş kontrollü sınıflandırma doğruluk analizindeki bor üretici doğruluk oranı %71.43 ve kullanıcı doğruluk oranı %83.33 hesaplanmıştır. Bu doğruluk oranları karşılaştırıldığında üretilen bor indeksinin bor tespiti için sınıflandırma doğruluğu ile tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür. BI formülünde mavi ve termal bantın bulunuyor olması, bor tespiti için bu iki bant dalga boyu aralığını algılayabilecek bir kameranın bor tespiti için yeterli olduğu sonucuna ulaştırır.

Zeolitik tüf indeksi doğruluk oranı %86.67 hesaplanmış olup TBA ile elde edilen ortofotonun kontrollü sınıflandırma doğruluk analizinde zeolitik tüf sınıfı üretici ve kullanıcı doğruluğu zeolitik tüf indeksi performansı ile uyumlu bir sonuç ortaya

koymuştur. Burada ise zeolit taşı tespiti için ZTI'de kullanılan yakın kızıl ötesi ve turuncu bant dalga boyu aralıklarını algılayabilen bir kamera yeterli olacaktır.

ZTI ile BI karşılaştırıldığında ZTI'nin daha yüksek doğruluk oranı vermesi, zeolit taşının bor minerallerine göre daha sonuçlarla tespit edilebildiğini yani ZTI'nin daha iyi çalıştığını gösterir.

Hacim hesaplarında fotogrametri ve kantar ölçme verilerinden yoğunluk faktörü ile hesaplanan değerlerin iki çalışma alanında da yaklaşık 10 m³ farklı çıktığı görülmüştür. Bu farklılığın, kazı öncesi ve sonraki fotoğraf çekimleri sırasında kazı makinesi operatörünün çekim planı dışında malzeme alımı nedeni ile ortaya çıkmıştır. Farka neden olan diğer bir sebep ise fotogrametri yolu ile elde edilen farklı zamana ait modellerin referanslandırma hatalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışma alanındaki iki farklı birimin yoğunluklarının çok farklı olduğu, hesaplanan yoğunluklardan anlaşıldığından açık maden ocağında kazı yapan firmaların hakedişini kantar hesabı ile ağırlık üzerinden almaları yerine hacim hesabı üzerinden almalarının daha doğru olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü iki farklı bölgede yapılan kazı miktarları aynı olsa dahi yoğunluk farkı etkisi ile farklı ağırlık ölçümlerine sebebiyet verecektir. Buda yapılan iş miktarları aynı olmasına rağmen farklı hakedişler ödenmesine yol açacaktır. Yapılan sınıflandırma sonuçlarına göre hangi malzemenin hangi dalga boyu aralığında daha yok yansıma verdiği öğrenilebilir ve sınıf eşik değerleri hesaplanabilir. Bu sayede sınıflandırma otomatik olarak uygulandığında bu eşik değerlerine göre sınıflar tespit edilecek ve önceden hesaplanmış olan yoğunluk değerleri ilgili malzemeye etiketlenebilir. Mevcut kantar sistemine eklenecek bir kamera sistemi ile kamyon kantara çıktığı esnada kasasındaki malzeme uzaktan algılama yoluyla hızlı bir şekilde tespit edilebilir, yoğunluk değeri bu sınıfa etiketli olduğundan kantardaki net ağırlık verisi ile hesaba alınıp otomatik olarak hacim verisi de sunulabilir.

KAYNAKÇA

- Açıksarı, E. ve Akçay, Ö. (2018). “İkili PolSAR görüntülerinin çok zamanlı ayrışma ve kontrolsüz sınıflandırma analizi”, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 69-87.
- Ağca, M., Kaya, E. ve Yılmaz, H. (2020). “Yersel ve fotogrametrik yöntemler ile kaya bloklarının hacimlerinin hesaplanması: Selime örneği, Aksaray”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20 (3), 465-471.
- Akar, Ö. ve Güngör, O. (2012). “Classification of multispectral images using Random Forest algorithm”, *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 1(2), 105-112.
- Akkartal, A., Türüdü, O. ve Erbek, F. S. (2005). “Çok zamanlı uydu görüntüleri ile bitki örtüsü değişim analizi”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28.
- Akpınar, A., Fach, B. A., Arkın, Ş. S., Oğuz, T. ve Salihoğlu, B. (2016). “Karadeniz’in yüzey suyu sıcaklığındaki yakın zamanlı ısınma eğilimlerinin uzaktan algılama ile çıkarımı”. Türkiye Deniz Bilimleri Konferansı (31 Mayıs –3 Haziran 2016), ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara, Türkiye. <https://hdl.handle.net/11511/74425>
- Atmaca, V. (2005). Örme Kumaşlardaki Üretim Hatalarının Görüntü İşleme Teknikleri İle Otomatik Tespiti Ve Sınıflandırılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 47.
- Avcı, Z. D. U. (2019). “İstanbul’da madencilik faaliyetleri nedeni ile oluşan riskli zemin alanlarının belirlenmesi”. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 293-306. DOI: 10.28979/comufbed.581174
- Bıyıklı, D. (2019). “Landsat-8 uydu görüntüleri kullanarak nesne-tabanlı sınıflandırma yöntemi ile ormanlık alanlardaki zamansal değişimin izlenmesi: Muğla ili örneği”. TMMOB, 6, 23-25.
- Buch, S. (2005). Ortofoto. Geoforum Perspektiv, 4(8).
- Çölkesen, İ. (2015). Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri Kullanarak Benzer Spektral Özelliklere Sahip Doğal Nesnelerin Ayırt Edilmesine Yönelik Bir Metodoloji

Geliştirme. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 248.

Duran, Z., Muhammed Enes, A. ve Çelik, M. F. (2017). “Yersel fotogrametrik yöntem ile yersel lazer taramanın karşılaştırılması ve doğruluk analizi”. *Harita Dergisi*, 158, 20-25.

Erdoğan, A. ve Mutluoğlu, Ö. (2020). “İnsansız hava aracı (İHA) ile üretilen şeritvari haritalardan kübaj hesabı”. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(2), 61-66.

Erga Granit Madencilik. (b.t.). Kil taşı.
Erişim: 4 Ocak 2022, <https://www.ergagranit.com.tr/kil-tasi/>

Ersan, R. (2013). Gül Tarım Alanlarının Yüksek Çözünürlüklü Uydu Verileri İle Belirlenebilirliği. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Isparta.

Esetlili, M. T. ve Kurucu, Y. (2003). “Uzaktan algılama tekniği ile pamuk ekili alanların belirlenmesinde kontrollü (supervised) sınıflandırma yöntemlerinin irdelenmesi üzerine bir araştırma”. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2), 105-112.

Eti Maden (2019, Şubat 25). Geniş ürün çeşitliliği ile endüstrinin ham maddeleri “bor”dan.
Erişim: 4 Ocak 2021, <https://www.etimaden.gov.tr/bigadic>

Fu, L., Zhu, J., Li, W. L., You, J. G. ve Hua, Z. Y. (2021). Fast estimation method of volumes of landslide deposit by the 3D reconstruction of smartphone images. *Landslides*, 1-10.

İncekara, A. H., Delen, A., Bakırman, T., Bayram, B. ve Şeker, D. Z. (2018). “Açık maden saha sınırlarının piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma teknikleri ile çıkarımı”, VII. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2018), 18-21 Eylül 2018, Eskişehir

Karslı, F. (2020, Mart 17), Fotogrametri. İstanbul Üniversitesi, Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi.

Kavzoğlu, T. ve Çölkesen, İ. (2010). “Destek vektör makineleri ile uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kernel fonksiyonlarının etkilerinin incelenmesi”. *Harita Dergisi*, 144(7), 73-82.

- Kireç taşı. (2021, Ekim 31). İçinde *Wikipedia*. Erişim: 4 Ocak 2022, https://tr.wikipedia.org/wiki/Kire%C3%A7_ta%C5%9F%C4%B1
- Körez, A. (2020). Derin Öğrenme Kullanarak Uzaktan Algılama Görüntülerindeki Nesnelerin Tespiti. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (2001). “Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi kullanım sınıfları tespiti çalışması”. Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi, Ankara, 176.
- Kun, M. ve Guler, O. (2019). “İnsansız görüntüleme sistemleri ile elde edilen sayısal yüzey modellerinin mermer madenciliğinde kullanımı”. *DEUFMD*, 21(63), 1005-1013.
- Kun, M. ve Özcan, B. (2019). “Maden ocaklarında insansız hava aracı kullanımı: örnek bir saha çalışması”. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 554-564.
- Küçükkaya, E. (2019, Mayıs 2). Zeolit nedir, nerelerde kullanılır?. Enerji Portalı. Erişim: 4 Ocak 2022, <https://www.enerjiportali.com/zeolit-nedir-nerelerde-kullanilir/>
- Lange, I. D. ve Perry, C. T. (2020). A quick, easy and non-invasive method to quantify coral growth rates using photogrammetry and 3D model comparisons. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(6), 714-726.
- Mahmod, A. A. ve Yılmaz, H. M. (2018). “İnsansız hava aracı ile dik konumda çekilen resimlerle üç boyutlu model oluşturma: Aksaray Üniversitesi Kampüs Camii”, *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, 2(2), 144-160.
- Marn. (2021, Eylül 13). İçinde *Wikipedia*. Erişim: 4 Ocak 2022, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Marn>
- Mohammed, O. ve Yakar, M. (2016). “Yersel fotogrametrik yöntem ile ibadethanelerin modellenmesi”. *Selcuk University Journal of Engineering Sciences*, 15(2), 85-95.
- Motohka, T., Nasahara, K. N., Oguma, H. ve Tsuchida, S. (2010). “Applicability of green-red vegetation index for remote sensing of vegetation phenology”. *Remote Sensing*, 2(10), 2369-2387.

- Muammer, S., Tiryakiođlu, I. ve Uysal, M. (2017). "Farklı veri toplama yöntemleriyle yapılan hacim hesaplarının karşılaştırılması", *Geomatik*, 2(2), 106-111.
- Oğuz, H. ve Zengin, M. (2011). "Peyzaj patern metrikleri ve landsat 5 tm uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimi analizi (1984-2010): Kahramanmaraş Örneği", I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28.
- Onur, I. (2007). "Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yöntemleriyle kıyı bölgelerde arazi örtüsü/arazi kullanımı değişiminin izlenmesi ve analizi: Antalya-Kemer Örneği". Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 74.
- Oturanç, S.Y. ve Yıldız, F. (2014). "Hacim hesabında dijital fotogrametrinin kullanılması ve doğruluğu". 5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), İstanbul, 4.
- Özbalmumcu, M. (1995). Fotogrametrik nirengi ölçüm ve dengeleme yöntemleri. Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü.
- Öztürk, O., Bilgiliođlu, B. B., Çelik, M. F., Bilgiliođlu, S. S. ve Raşit, U. (2017). "İnsaniz hava aracı (İHA) görüntüleri ile ortofoto üretiminde yükseklik ve kamera açısının doğruluğu etkisinin araştırılması". *Geomatik*, 2(3), 135-142.
- Polat, A.B. ve Akçay Ö. (2021). "Nokta bulutlarının birleştirilmesinde farklı yöntemlerin karşılaştırılması", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 18. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Rahaman, H. ve Champion, E. (2019). "To 3D or not 3D: choosing a photogrammetry workflow for cultural heritage groups". *Heritage*, 2(3), 1835-1851.
- Seki, M., Tiryakiođlu, İ. ve Uysal, M. (2017). "Farklı veri toplama yöntemleriyle yapılan hacim hesaplarının karşılaştırılması". *Geomatik*, 2 (2) , 106-111. DOI: 10.29128/geomatik.322901
- Sinaga, K. P. ve Yang, M. S. (2020). "Unsupervised K-means clustering algorithm". *IEEE Access*, 8, 80716-80727.

- Singh, S. P., Jain, K. ve Mandla, V. R. (2014). Image Based 3d City Modeling: Comparative Study. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 45.
- Tong, X., Liu, X., Chen, P., Liu, S., Luan, K., Li, L., ... ve Hong, Z. (2015). "Integration of UAV-based photogrammetry and terrestrial laser scanning for the three-dimensional mapping and monitoring of open-pit mine areas". *Remote Sensing*, 7(6), 6635-6662.
- Tunay, M. ve Ateşoğlu, A. (2008). "Çok zamanlı uydu görüntüleri ile Amasra ve yakın çevresine ait bitki örtüsü değişim analizi". *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(13), 71-80.
- Tung, W. Y., Nagendran, S. K. ve Ismail, M. A. M. (2018). 3D rock slope data acquisition by photogrammetry approach and extraction of geological planes using FACET plugin in CloudCompare. In *IOP conference series: earth and environmental science* (Vol. 169, No. 1, p. 012051). IOP Publishing.
- Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A.Y. ve Kaya, Y., 2020. "İha ve yersel fotogrametrik teknikler kullanarak aksaray kızıl kilisenin 3b modelinin ve nokta bulutunun elde edilmesi". *Geomatik*, 5 (1), 19-26.
- Uysal, M., Turgut, B., Polat, N., Dereli, M. A. ve Yalçın, M., 2017. "Uzaktan algılama teknikleri ile açık maden ocaklarında bor minerallerinin tespiti". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(4), 270-276.
- Wróżyński, R., Pyszny, K., Sojka, M., Przybyła, C. ve Murat-Błażejewska, S. (2017). "Ground volume assessment using 'Structure from Motion' photogrammetry with a smartphone and a compact camera". *Open Geosciences*, 9(1), 281-294.
- Xie, X. (2019). Principal component analysis.
- Yakar, M., Kabadayı, A., Yiğit, A. Y., Çıkıkcı, K., Kaya, Y. ve Catin, S. S. (2016). "Emir Saltuk Kümbeti fotogrametrik rölöve çalışması ve 3boyutlu modellenmesi", *Geomatik*, 1(1), 14-18.
- Yakar, M., Yılmaz, H. M., and Mutluoğlu, Ö. (2009). Hacim Hesaplamalarında Laser Tarama Ve Yersel Fotogrametrinin Kullanılması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.

- Yılmaz, H. M., Mutluoğlu, Ö., Ali, U., Yaman, A. ve Bilgiliođlu, S. S. (2018). “İnsansız hava aracı ile ortofoto üretimi ve Aksaray Üniversitesi kampüsü örneği”. *Geomatik*, 3(2), 129-136.
- Yiğit, A. Y. ve Ulvi, A. (2020). “İHA fotogrametrisi tekniği kullanarak 3b model oluşturma: Yakutiye Medresesi örneği”. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2(2), 46-54.
- Yiğit, A. Y. ve Uysal, M. (2019). “Nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı kullanılarak yolların tespiti”. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1), 17-24.
- Yunus, K. ve Polat, N. (2021). “Bitki indeksleri kullanarak buđday bitkisinin rekolte tahmini”. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(1), 99-110.
- Yunus, K., şenol, H. İ., Memduhođlu, A., şeyma, A., Ulukavak, M. ve Polat, N. (2019). “Hacim hesaplarında iha kullanımı: osmanbey kampüsü örneği”. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1), 7-10.

EKLER

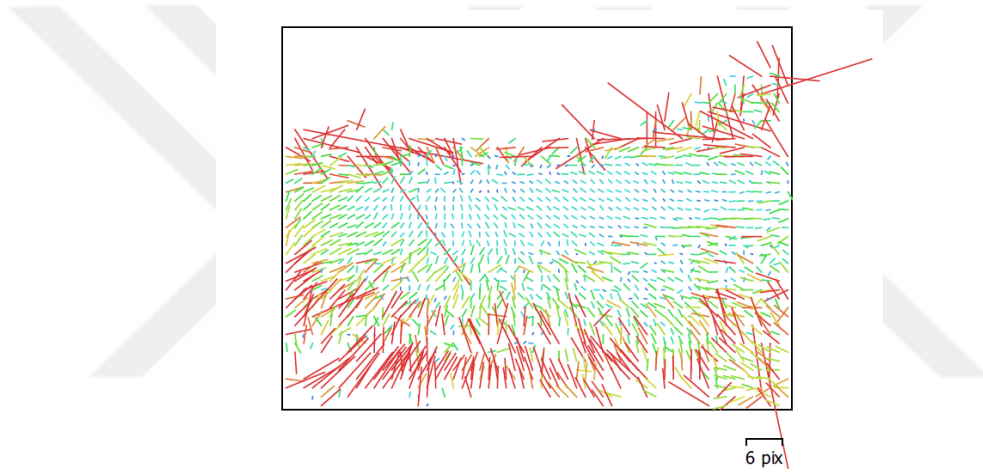
EK 1

MULTİSPEKTRAL ORTOFOTO RAPORU

Tablo Ek 1.1

Kamera özellikleri

| Kamera Modeli | Çözünürlük | Odak Uzaklığı | Piksel Boyutu | Kalibre Edilmiş |
|---------------|--------------------|----------------|-------------------|-----------------|
| Survey3W_OCN | 4000 x 3000 | 3.37 mm | Bilinmiyor | Hayır |

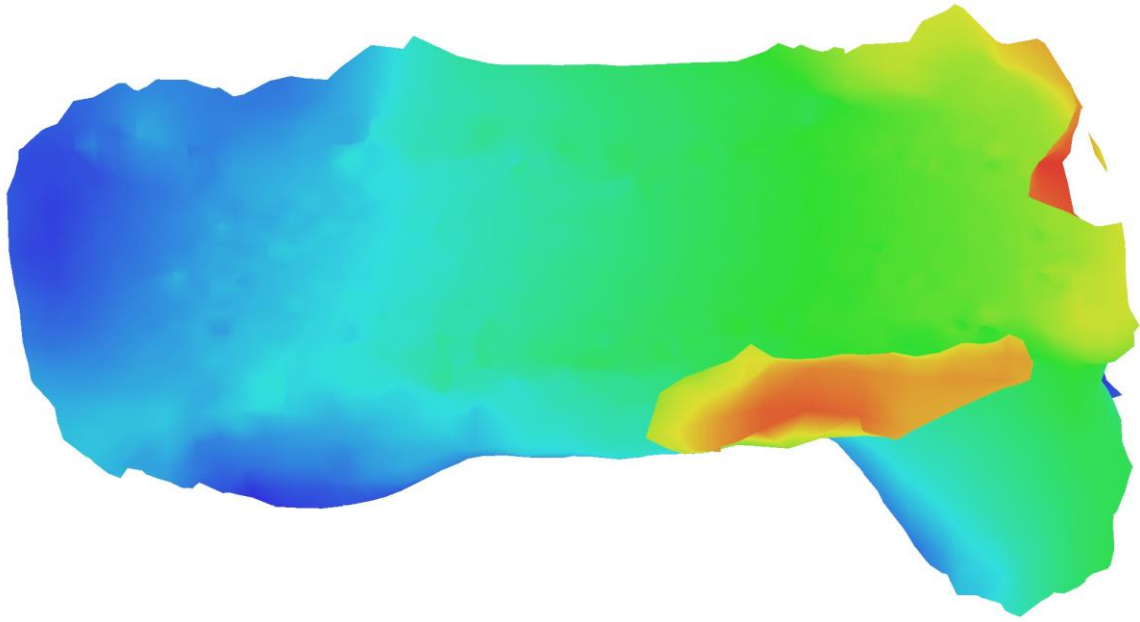


Şekil Ek 1.1. Survey3W_OCN için görüntü artıkları

Tablo Ek 1.2

Kalibrasyon katsayıları ve korelasyon matrisi

| | Value | Error | F | Cx | Cy | K1 | K2 | K3 | P1 | P2 |
|-----------|-------------------|--------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| F | 4312.32 | 32 | 1.0 | 0.37 | -0.15 | 0.62 | -0.34 | 0.26 | 0.57 | -0.18 |
| Cx | -76.5161 | 10 | | 1.00 | -0.20 | 0.20 | 0.12 | -0.11 | 0.69 | -0.22 |
| Cy | -29.0656 | 9.9 | | | 1.00 | -0.10 | 0.10 | -0.14 | -0.07 | 0.71 |
| K1 | 0.339189 | 0.0095 | | | | 1.00 | -0.81 | 0.70 | 0.38 | -0.16 |
| K2 | -0.979202 | 0.055 | | | | | 1.00 | -0.97 | -0.03 | 0.11 |
| K3 | 1.2136 | 0.12 | | | | | | 1.00 | 0.01 | -0.16 |
| P1 | 0.0659846 | 0.0015 | | | | | | | 1.00 | -0.22 |
| P2 | -0.0173402 | 0.0011 | | | | | | | | 1.00 |



Şekil Ek 1.2. Yeniden yapılandırılmış sayısal yükseklik modeli

Tablo Ek 1.3

İşleme parametreleri genel

| | |
|-----------------------------|---------------------|
| Kameralar | 16 |
| Hizalanmış kameralar | 16 |
| Koordinat sistemi | WGS 84 (EPSG::4326) |

Tablo Ek 1.4

İşleme parametreleri nokta bulutu

| | |
|--|---------------------------|
| Noktalar | 10.567'den 7.221 |
| Yeniden projeksiyon hatası | 0.525585 (3.57965 piksel) |
| Maksimum yeniden projeksiyon hatası | 1.60601 (54.1965 piksel) |
| Ortalama anahtar nokta boyutu | 7.17366 piksel |
| Nokta renkleri | 3 bant, uint8 |
| Önemli noktalar | Hayır |
| Ortalama bağlantı noktası çokluğu | 6.10154 |

Tablo Ek 1.5

İşleme parametreleri hizalama

| | |
|---|---------------------|
| Doğruluk | Orta |
| Genel ön seçim | Evet |
| Referans ön seçimi | Kaynak |
| Anahtar nokta sınırı | 40000 |
| MP başına anahtar nokta sınırı | 1000 |
| Bağlantı nokta sınırı | 4000 |
| Sabit bağlantı noktalarını hariç tut | Evet |
| Kılavuzlu görüntü eşleştirme | Hayır |
| Uyarlanabilir kamera modeli uydurma | Hayır |
| Eşleşme süresi | 10 saniye |
| Eşleşen bellek kullanımı | 174.18 MB |
| Hizalama süresi | 11 saniye |
| Hizalama belleği kullanımı | 8.81 MB |
| Oluşturma tarihi | 2021:09:10 13:21:29 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 1.18 MB |

Tablo Ek 1.6

Derinlik haritaları oluşturma parametreleri

| | |
|------------------------|---------------------|
| Kalite | Orta |
| Filtreleme modu | Hafif |
| Maksimum komşu | 40 |
| İşlem süresi | 20 dakika 40 saniye |
| Dosya boyutu | 10.24 MB |

Tablo Ek 1.7

Derinlik haritaları oluşturma parametreleri

| | |
|------------------------|---------------------|
| Kalite | Orta |
| Filtreleme modu | Hafif |
| Maksimum komşu | 40 |
| İşlem süresi | 20 dakika 40 saniye |

Tablo Ek 1.8

Yoğun bulut oluşturma parametreleri

| | |
|---------------------------|---------------------|
| İşlem süresi | 11 saniye |
| Oluşturulma tarihi | 2021:09:10 13:46:25 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 11.16 MB |

Tablo Ek 1.9

Model parametreleri

| | |
|----------------------|---------------|
| Yüzler | 7651 |
| Köşeler | 3981 |
| Köşe renkleri | 3 bant, uint8 |

Tablo Ek 1.10

Model yeniden yapılandırma parametreleri

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| Yüzey tipi | Keyfi |
| Kaynak veri | Seyrek bulut |
| Enterpolasyon | Etkin |
| Katı hacimsel maskeler | Hayır |
| İşlem süresi | 0 saniye |
| Bellek kullanımı | 23.99 MB |
| Oluşturma tarihi | 2021:09:10 13:49:30 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 181.75 KB |

Tablo Ek 1.11

Ortomozaik parametreleri

| | |
|--------------------------|---------------|
| Boyut | 4619 x 2413 |
| Koordinat sistemi | WGS 84 |
| Renkler | 3 bant, uint8 |

Tablo Ek 1.12

Ortomozaik yeniden yapılandırma parametreleri

| | |
|---|---------------------|
| Karıştırma modu | Mozaik |
| Yüzey | Ağ |
| Delik doldurmayı etkinleştir | Evet |
| Gölgeleme filtresini etkinleştir | Hayır |
| İşlem süresi | 9 saniye |
| Bellek kullanımı | 875.62 MB |
| Oluşturulma tarihi | 2021:09:10 13:52:22 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 88.78 MB |

Tablo Ek 1.13

Sistem parametreleri

| | |
|------------------------|--|
| Yazılım adı | Agisoft Metashape Professional |
| Yazılım sürümü | 1.7.4 yapı 13028 |
| İşletim Sistemi | Windows 64 bit |
| RAM | 7,87 GB |
| CPU | CPU Intel(R) Core(TM) i7-3630QM CPU @ 2.40GHz |
| GPU | Intel(R) HD Grafikler 4000 |

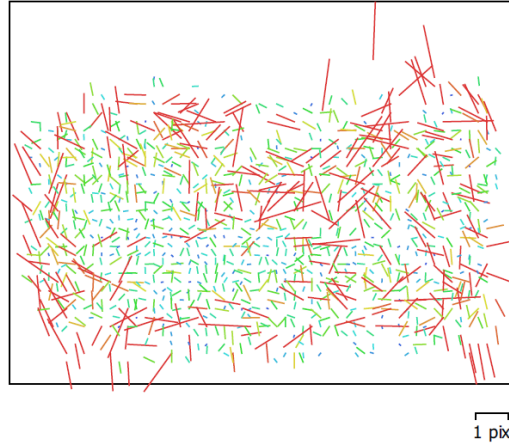


EK 2 TERMAL ORTOFOTO RAPORU

Tablo Ek 2.1

Kamera özellikleri

| Kamera Modeli | Çözünürlük | Odak Uzaklığı | Piksel Boyutu | Kalibre Edilmiş |
|---------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Bilinmiyor | 382 x 288 | Bilinmiyor | Bilinmiyor | Hayır |

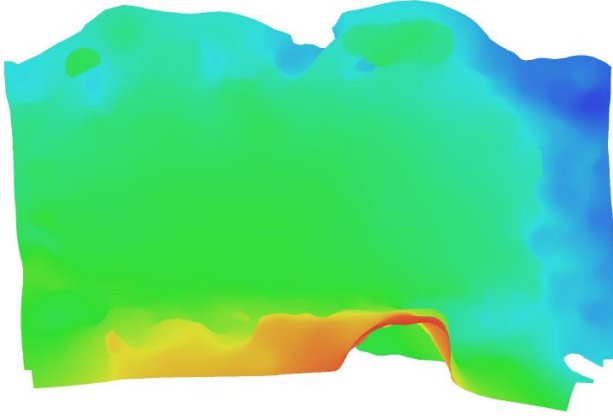


Şekil Ek 2.1. Bilinmeyen için görüntü artıkları

Tablo Ek 2.2

Kalibrasyon katsayıları ve korelasyon matrisi

| | Değer | Hata | F | Cx | Cy | K1 | K2 | K3 | P1 | P2 |
|-----------|-------------------|-------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| F | 1449.01 | 320 | 1.0 | 0.04 | -0.24 | 0.26 | -0.04 | -0.01 | -0.10 | -0.31 |
| Cx | -23.3073 | 120 | | 1.00 | 0.00 | 0.05 | -0.03 | -0.05 | 0.68 | 0.00 |
| Cy | -33.8647 | 130 | | | 1.00 | -0.02 | -0.06 | 0.02 | 0.14 | 0.75 |
| K1 | -0.131197 | 0.29 | | | | 1.00 | -0.89 | 0.80 | 0.07 | -0.23 |
| K2 | -0.596498 | 21 | | | | | 1.00 | -0.97 | -0.13 | 0.01 |
| K3 | -3.34675 | 520 | | | | | | 1.00 | 0.06 | -0.03 |
| P1 | 0.00405142 | 0.011 | | | | | | | 1.00 | 0.13 |
| P2 | -0.0082062 | 0.013 | | | | | | | | 1.00 |



Şekil Ek 2.2. Yeniden yapılandırılmış sayısal yükseklik modeli

Tablo Ek 2.3

İşleme parametreleri genel

| | |
|-----------------------------|-------------------------|
| Kameralar | 14 |
| Hizalanmış kameralar | 14 |
| Koordinat sistemi | Lokal Koordinat Sistemi |

Tablo Ek 2.4

İşleme parametreleri nokta bulutu

| | |
|--|---------------------------|
| Noktalar | 708'den 487 |
| Yeniden projeksiyon hatası | 0.222002 (0.59686 piksel) |
| Maksimum yeniden projeksiyon hatası | 0.661947 (2.58139 piksel) |
| Ortalama anahtar nokta boyutu | 2.80628 piksel |
| Nokta renkleri | 3 bant, uint8 |
| Önemli noktalar | Hayır |
| Ortalama bağlantı noktası çokluğu | 5.46045 |

Tablo Ek 2.5

İşleme parametreleri hizalama

| | |
|---|---------------------|
| Doğruluk | Yüksek |
| Genel ön seçim | Evet |
| Referans ön seçimi | Hayır |
| Anahtar nokta sınırı | 40000 |
| MP başına anahtar nokta sınırı | 1000 |
| Bağlantı nokta sınırı | 4000 |
| Sabit bağlantı noktalarını hariç tut | Evet |
| Kılavuzlu görüntü eşleştirme | Hayır |
| Uyarlanabilir kamera modeli uydurma | Hayır |
| Eşleşme süresi | 1 saniye |
| Eşleşen bellek kullanımı | 114.23 MB |
| Hizalama süresi | 3 saniye |
| Hizalama belleği kullanımı | 4.49 MB |
| Oluşturma tarihi | 2021:09:11 12:59:50 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 75.75 KB |

Tablo Ek 2.6

Derinlik haritaları oluşturma parametreleri

| | |
|------------------------|-----------|
| Kalite | Orta |
| Filtreleme modu | Agresif |
| Maksimum komşu | 40 |
| İşlem süresi | 10 saniye |
| Dosya boyutu | 161.09 KB |

Tablo Ek 2.7

Derinlik haritaları oluşturma parametreleri

| | |
|------------------------|-----------|
| Kalite | Orta |
| Filtreleme modu | Agresif |
| Maksimum komşu | 40 |
| İşlem süresi | 10 saniye |
| Nokta | 13035 |

Tablo Ek 2.8

Yoğun bulut oluşturma parametreleri

| | |
|---------------------------|---------------------|
| İşlem süresi | 0 saniye |
| Oluşturulma tarihi | 2021:09:11 13:02:21 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 169.83 KB |

Tablo Ek 2.9

Model parametreleri

| | |
|----------------------|----------------------------|
| Yüzler | 37260 |
| Köşeler | 18864 |
| Köşe renkleri | 3 bant, uint8 |
| Doku | 4096 x 4096, 4 bant, uint8 |

Tablo Ek 2.10

Model yeniden yapılandırma parametreleri

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| Yüzey tipi | Keyfi |
| Kaynak veri | Yoğun bulut |
| Enterpolasyon | Etkin |
| Katı hacimsel maskeler | Hayır |
| İşlem süresi | 1 saniye |
| Bellek kullanımı | 12.07 MB |
| Oluşturma tarihi | 2021:09:11 13:03:07 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 5.85 |

Tablo Ek 2.11

Doku parametreleri

| | |
|--|-----------|
| Haritalama modu | Ortofoto |
| Karıştırma modu | Mozaik |
| Doku boyutu | 4096 |
| Delik doldurmayı etkinleştir | Hayır |
| Gölgelenme filtresini etkinleştir | Evet |
| Haritalama süresi | 0 saniye |
| Eşleme bellek kullanımı | 2.51 MB |
| Karıştırma süresi | 14 saniye |
| Karıştırma bellek kullanımı | 1.07 GB |

Tablo Ek 2.12

Ortomozaik parametreleri

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Boyut | 575 x 410 |
| Koordinat sistemi | Lokal koordinat sistemi |
| Renkler | 3 bant, uint8 |

Tablo Ek 2.13

Ortomozaik yeniden yapılandırma parametreleri

| | |
|---|---------------------|
| Karıştırma modu | Mozaik |
| Yüzey | Ağ |
| Delik doldurmayı etkinleştir | Evet |
| Gölgeleme filtresini etkinleştir | Hayır |
| İşlem süresi | 1 saniye |
| Bellek kullanımı | 22.79 MB |
| Oluşturulma tarihi | 2021:09:11 13:05:54 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 88.78 MB |



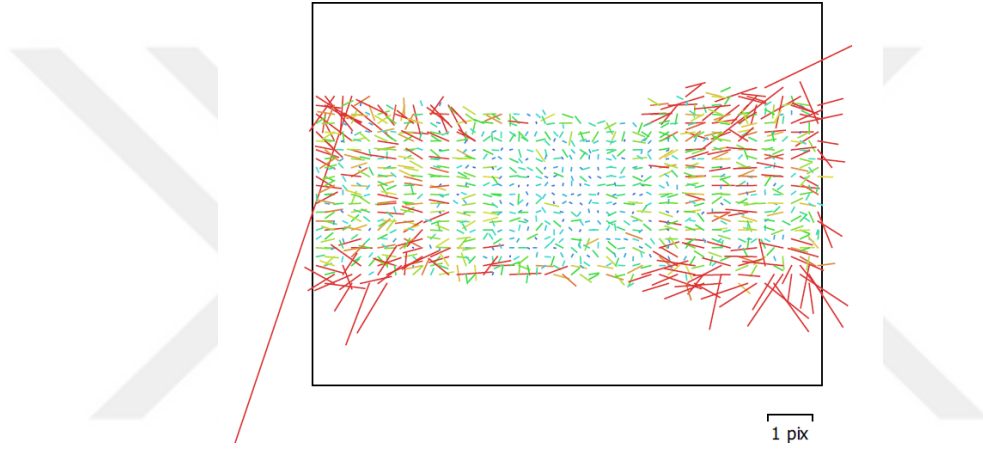
EK 3

GÖRÜNÜR RENK UZAYI ORTOFOTO RAPORU

Tablo Ek 3.1

Kamera özellikleri

| Kamera Modeli | Çözünürlük | Odak Uzaklığı | Piksel Boyutu | Kalibre Edilmiş |
|---------------|--------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| DSC-W320 | 4320 x 3240 | 4.7 mm | Bilinmiyor | Hayır |

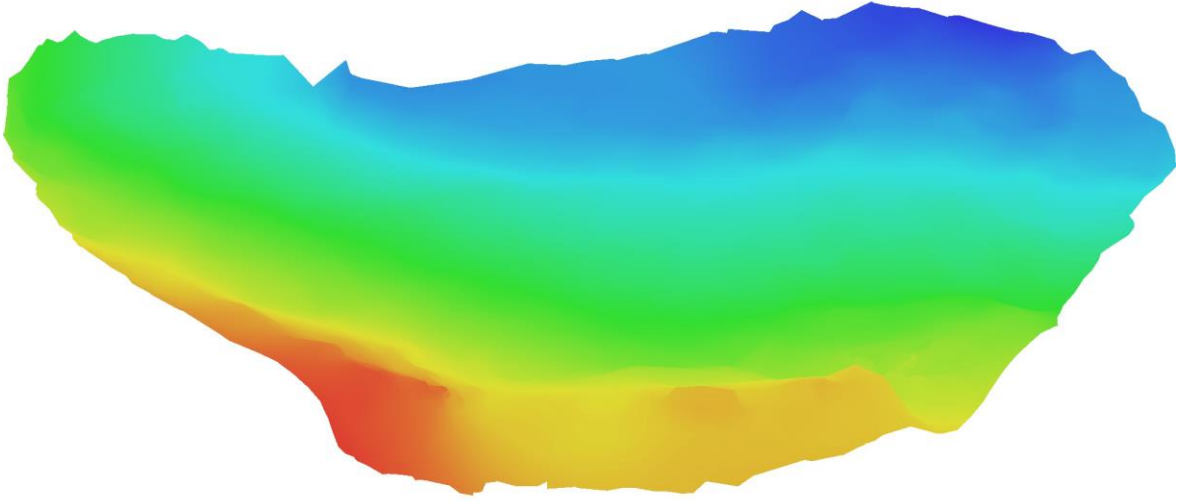


Şekil Ek 3.1. Bilinmeyen için görüntü artıkları

Tablo Ek 3.2

Kalibrasyon katsayıları ve korelasyon matrisi

| | Değer | Hata | F | Cx | Cy | K1 | K2 | K3 | P1 | P2 |
|----|--------------------|---------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| F | 3141.03 | 1.3 | 1.0 | -0.02 | -0.08 | 0.40 | 0.11 | -0.14 | -0.04 | -0.06 |
| Cx | -17.9986 | 1.8 | | 1.00 | -0.15 | -0.02 | 0.01 | -0.01 | 0.99 | -0.11 |
| Cy | 24.5997 | 1.1 | | | 1.00 | -0.09 | 0.05 | -0.06 | -0.13 | 0.89 |
| K1 | -0.0151118 | 0.00053 | | | | 1.00 | -0.82 | 0.75 | -0.03 | -0.06 |
| K2 | 0.0319601 | 0.0018 | | | | | 1.00 | -0.98 | 0.01 | 0.03 |
| K3 | -0.0325148 | 0.0022 | | | | | | 1.00 | -0.01 | -0.04 |
| P1 | -0.00215593 | 0.00019 | | | | | | | 1.00 | -0.09 |
| P2 | -0.0082062 | 0.013 | | | | | | | | 1.00 |



Şekil Ek 3.2. Yeniden yapılandırılmış sayısal yükseklik modeli

Tablo Ek 3.3

İşleme parametreleri genel

| | |
|-----------------------------|-------------------------|
| Kameralar | 11 |
| Hızalanmış kameralar | 11 |
| Koordinat sistemi | Lokal Koordinat Sistemi |

Tablo Ek 3.4

İşleme parametreleri nokta bulutu

| | |
|--|----------------------------|
| Noktalar | 7616'den 3181 |
| Yeniden projeksiyon hatası | 0.140936 (0.794927 piksel) |
| Maksimum yeniden projeksiyon hatası | 0.441247 (11.7479 piksel) |
| Ortalama anahtar nokta boyutu | 5.90596 piksel |
| Nokta renkleri | 3 bant, uint8 |
| Önemli noktalar | Hayır |
| Ortalama bağlantı noktası çokluğu | 5.95155 |

Tablo Ek 3.5

İşleme parametreleri hizalama

| | |
|---|---------------------|
| Doğruluk | Orta |
| Genel ön seçim | Evet |
| Referans ön seçimi | Hayır |
| Anahtar nokta sınırı | 40000 |
| MP başına anahtar nokta sınırı | 1000 |
| Bağlantı nokta sınırı | 4000 |
| Sabit bağlantı noktalarını hariç tut | Evet |
| Kılavuzlu görüntü eşleştirme | Hayır |
| Uyarlanabilir kamera modeli uydurma | Hayır |
| Eşleşme süresi | 7 saniye |
| Eşleşen bellek kullanımı | 201.97 MB |
| Hizalama süresi | 6 saniye |
| Hizalama belleği kullanımı | 3.21 MB |
| Oluşturma tarihi | 2021:09:10 15:11:35 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 806.57 KB |

Tablo Ek 3.6

Derinlik haritaları oluşturma parametreleri

| | |
|------------------------|---------------------|
| Kalite | Orta |
| Filtreleme modu | Hafif |
| Maksimum komşu | 40 |
| İşlem süresi | 13 dakika 39 saniye |
| Dosya boyutu | 11.08 MB |

Tablo Ek 3.7

Derinlik haritaları oluşturma parametreleri

| | |
|------------------------|---------------------|
| Kalite | Orta |
| Filtreleme modu | Hafif |
| Maksimum komşu | 40 |
| İşlem süresi | 13 dakika 39 saniye |

Tablo Ek 3.8

Yoğun bulut oluşturma parametreleri

| | |
|---------------------------|---------------------|
| İşlem süresi | 8 saniye |
| Oluşturulma tarihi | 2021:09:10 15:29:05 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 169.83 KB |

Tablo Ek 3.9

Model parametreleri

| | |
|----------------------|----------------------------|
| Yüzler | 3543 |
| Köşeler | 1897 |
| Köşe renkleri | 3 bant, uint8 |
| Doku | 4096 x 4096, 4 bant, uint8 |

Tablo Ek 3.10

Model yeniden yapılandırma parametreleri

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| Yüzey tipi | Keyfi |
| Kaynak veri | Seyrek bulut |
| Enterpolasyon | Etkin |
| Katı hacimsel maskeler | Hayır |
| İşlem süresi | 0 saniye |
| Bellek kullanımı | 33.92 MB |
| Oluşturma tarihi | 2021:09:10 15:31:58 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 17.57 MB |

Tablo Ek 3.11

Doku parametreleri

| | |
|--|-----------|
| Haritalama modu | Genel |
| Karıştırma modu | Mozaik |
| Doku boyutu | 4096 |
| Delik doldurmayı etkinleştir | Evet |
| Gölgelenme filtresini etkinleştir | Evet |
| Haritalama süresi | 2 saniye |
| Eşleme bellek kullanımı | 50.45MB |
| Karıştırma süresi | 37 saniye |
| Karıştırma bellek kullanımı | 3.28 GB |

Tablo Ek 3.12

Ortomozaik parametreleri

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Boyut | 6465 x 2723 |
| Koordinat sistemi | Lokal koordinat sistemi |
| Renkler | 3 bant, uint8 |

Tablo Ek 3.13

Ortomozaik yeniden yapılandırma parametreleri

| | |
|---|---------------------|
| Karıştırma modu | Mozaik |
| Yüzey | Ağ |
| Delik doldurmayı etkinleştir | Evet |
| Gölgeleme filtresini etkinleştir | Hayır |
| İşlem süresi | 10 saniye |
| Bellek kullanımı | 1.04 GB |
| Oluşturulma tarihi | 2021:09:10 15:34:45 |
| Yazılım sürümü | 1.7.4.13028 |
| Dosya boyutu | 104.85 MB |

